

SCIENCES

ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES | FONDÉE EN 1872

N° 2002-3/4 | 3^e et 4^e TRIMESTRE 2002
ISSN : 0151 - 0304 | PRIX : 30 €

PUBLICATION RÉALISÉE AVEC
LE SOUTIEN DE LA CITÉ DES
SCIENCES ET DE L'INDUSTRIE

AFAS | SCIENCES
Cité des sciences et de l'industrie
75930 Paris Cedex 19 - France
Tél. : 01 40 05 82 01
Fax : 01 40 05 82 02
mél : avancement-sciences@wanadoo.fr
web : www.avancement-sciences.org

Directeur de la publication :
Roger Diévert

Rédacteur en chef :
Georges Babou

Rédacteur adjoint :
Michel Cazin

Assistante de rédaction :
Marie-Laure Blanchet

Comité de rédaction :
Georges Babou, Michel Cazin,
Roger Diévert, Roland Néjar.

Comité de lecture :
Robert Klapisch, président de l'AFAS,
Monique Adolphe, Gabriel Blancher,
Jean Boulaine, Paul Caro, Yves Lancelot,
Christian Marchal, présidents des groupes
de disciplines de l'AFAS.

Maquette, composition :
Marie-Laure Blanchet

Impression :
F. Paillart - 86, chaussée Marcadé -
BP 324 - 80103 Abbeville Cedex

Éditions AFAS

Abonnements :
Abonnement simple : 32 €
Abonnement de soutien : 40 €
Membres de l'AFAS : 23 €

Vente au numéro :
S'adresser à l'AFAS.

Les articles peuvent être reproduits à condition d'être accompagnés du nom de l'auteur avec la mention «Reproduit de la revue SCIENCES, AFAS, CSI, 75930 Paris Cedex 19» en précisant le numéro et sa date de parution.
Un justificatif doit être adressé à la rédaction de SCIENCES.
Les auteurs des articles publiés adhèrent implicitement à ce statut.
Les articles paraissant dans SCIENCES expriment l'opinion de leurs auteurs et non pas nécessairement celles de la rédaction.

SOMMAIRE

LES RENCONTRES DE WORLD-MED' 2002

Palais du Pharo, Marseille, 18-20 avril 2002

3 Éditorial

Jeudi 18 avril - 119^e CONGRÈS DE L'AFAS

4 **Séance inaugurale**

Session SA : LE PARTAGE DU SAVOIR

5 SA1 : **Partenariats universités Nord Sud**

5 Partenariats universitaires : liaison formation recherche

10 Formations professionnalisantes

13 Le maintien des compétences : vers un espace universitaire commun ?

22 SA2 : **Participation des pays du Sud aux programmes de recherche internationaux et européens**

32 SA3 : **Diffusion de la culture scientifique**

39 SA4 : **Perspectives de la formation continue**

48 SA5 : **La place des femmes dans la recherche dans les pays méditerranéens**

Session SB : LES LEVIERS DU DÉVELOPPEMENT

56 SB1 : **Les ressources agroalimentaires et hydrogéologiques**

71 SB2 : **Pollution, prévention des risques naturels, changement global de l'environnement**

80 SB3 : **Énergies nouvelles, dessalement de l'eau de mer**

97 SB4 : **Santé, lutte contre les pandémies, pathologies méditerranéennes spécifiques**

Vendredi 19 avril

116 **Séance inaugurale**

SESSION S : ESPACE SCIENTIFIQUE (AFAS)

119 S1 : **Nourrir et soigner**

129 S2 : **L'homme face aux risques naturels, à la préservation de son environnement et aux défis du développement**

140 S3 : **Former des élites**

148 S4 : **Culture scientifique, égalité des chances, promotion sociale**

SESSION H : **ESPACE HUMAIN** (Club de Marseille)

155 H1 : **Les enjeux d'une Communauté humaine méditerranéenne**

159 H2 : **État des lieux et domaines pertinents de l'espace humain méditerranéen**

169 H3 : **Paradoxes et conditions d'émergence d'un espace humain**

175 H4 : **Parier l'homme méditerranéen**

184 H5 : **Les chances d'une société civile euro-méditerranéenne**

SESSION T : **ESPACE TECHNOLOGIQUE** (Chambre de commerce et d'industrie de Marseille-Provence)

193 T1 : **Les enjeux d'une communauté technologique méditerranéenne**

195 T2 : **État des lieux et domaines pertinents méditerranéens d'un espace technologique. Quelles formations technologiques ?**

204 T3 : **Technologies-clés pour la Méditerranée**

215 T5 : **Vers un espace euro-méditerranéen de la technologie**

222 T6 : **Économie de la connaissance. Comment promouvoir la coopération industrielle entre PME-PMI, universités et centres de recherche**

Samedi 20 avril

SESSION E : **ÉDIFICATION DE LA COMMUNAUTÉ MÉDITERRANÉENNE DE LA CONNAISSANCE ET DES COMPÉTENCES**

230 E1 : **Synthèse des ateliers et propositions**

236 E2 : **Grands témoignages : Le savoir et la Méditerranée en partage**

240 **Le Manifeste de Marseille pour l'édification de la Communauté Méditerranéenne de la connaissance et des compétences**

*Les planches de figures en couleur
sont regroupées à la fin du volume*

ÉDITORIAL

Ce numéro double de SCIENCES est consacré au compte rendu des rencontres de World-Med'2002. Il s'agit d'un événement considérable qui a rassemblé au Palais du Pharo à Marseille, plus de 850 participants, dont 150 venant des pays du Maghreb.

Cette livraison contient, comme l'AFAS s'y était engagée, l'intégralité de 138 contributions à ce colloque. Sans doute avons-nous sous-estimé les délais nécessaires pour rassembler les textes d'un si grand nombre de contributeurs. Que nos abonnés nous excusent du retard de cette publication et veuillent bien considérer, en revanche, la richesse du contenu de ce document exceptionnel. En effet, ces rencontres comprenant des sessions parallèles (deux le jeudi, trois le vendredi), aucun des assistants n'avait pu jusqu'à ce jour en appréhender l'ensemble.

World-Med', c'est avant tout l'idée, la vision d'Henry Roux-Alezais. Je me garderais bien de paraphraser ce qu'il expose lui-même si bien (page 116) lors de la session inaugurale de vendredi. Je ne reviens pas non plus sur ce que j'expose moi-même (page 4) sur les raisons pour l'AFAS de faire à World-Med' 2002 l'apport de son 119^e Congrès.

Quels résultats ? Ce brassage d'idées de trois jours qui culmine par l'adoption du manifeste de Marseille (page 240), marque certainement le début d'un processus qui va stimuler des initiatives concrètes, venant de la société civile, en vue de combler le fossé de développement qui existe entre les deux rives de la Méditerranée. L'année 2003 verra, soyez en sûr, le début de réalisations concrètes sur lesquelles nous travaillons actuellement.

*Robert Klapisch
Président de l'AFAS*

World-Med' 2002 était co-présidé par **Henry Roux-Alezais (Club de Marseille)** et **Robert Klapisch (AFAS)**. Le secrétariat général en était assuré par **William Lenne** avec l'appui logistique de l'**Institut de la Méditerranée**.

L'édition de ces actes a été assurée conjointement par Yves Lancelot et Robert Klapisch.

Comité de pilotage :

Jean-Claude Abou, Esther Fouchier, Maria Graeff, Gilbert Isoard, Jean-Robert Henry, Robert Klapisch, Yves Lancelot, William Lenne, Michèle Mori, Christian Piquemal, Jean-Louis Reiffers, Henry Roux-Alezais, Christian Rey, Michèle Reynaud, Jean-Claude Tourret, Philippe Zanin.

Logistique :

Atout Organisation Science, COM'en'T, 3B Conseils.

Les organisateurs tiennent à remercier les instances qui ont donné un appui matériel indispensable à cette manifestation :

la **Ville de Marseille**,

la **Chambre de commerce et d'industrie de Marseille-Provence**,

le **Conseil général des Bouches-du-Rhône**,

le **Conseil régional PACA**,

le **ministère des Affaires étrangères**,

ainsi que des sociétés privées au nombre desquelles **Khalifa Airways**, **Onyx** et la **Société des Eaux de Marseille**.



AFAS



Séance inaugurale du jeudi 18 avril 2002

Robert Klapisch, président de l'Association française pour l'avancement des sciences (AFAS)

Mesdames, messieurs, chers amis de l'AFAS,

Bienvenue à Marseille pour cette première journée du 119^e congrès de l'AFAS, partie intégrante de World-Med' 2002. Si nous sommes ici aujourd'hui, c'est pour trois raisons.

La première, c'est que l'AFAS, très ancienne association consacrée à la promotion de la science, a décidé de recentrer son activité sur les rapports entre la science et la société et ce, en encourageant le dialogue entre la communauté scientifique et le public.

La deuxième, c'est que nous avons choisi, renouant avec une tradition très ancienne, de cesser de tenir notre congrès exclusivement à Paris et de choisir pour lieu une grande métropole régionale. C'est ainsi qu'Yves Lancelot nous a proposé de commencer par Marseille.

Il nous fallait évidemment choisir un thème qui soit en résonance avec les préoccupations des Marseillais. À Marseille, le problème des rapports avec les pays de la rive Sud de la Méditerranée est au centre des préoccupations de tous, par delà les différentes tendances politiques. Yves Lancelot nous a fait part des projets du Club de Marseille, qui, sous l'impulsion de son fondateur, Henry Roux-Alezais, lançait une manifestation ambitieuse World-Med' 2002. Il nous a donc proposé de consacrer notre 119^e congrès au «Partage du savoir en Méditerranée», devenant ainsi une partie intégrante de World-Med'. Cette proposition fut adoptée dans l'enthousiasme, il y a tout juste un an.

La raison en est simple et fondamentale : partager le savoir, pour un scientifique, cela va de soi, cela fait partie de notre métier. En tant qu'association, ce motif était suffisant. En tant que citoyens, à travers les options politiques très diverses que nous pouvons avoir, les uns et les autres, l'impossibilité d'ignorer sur le long terme les problèmes du développement inégal de peuples si voisins de nous par la géographie et par les liens historiques s'imposait aussi comme une évidence. En un sens très profond, nous savons que la science est le bien commun à toute l'humanité, malgré les différences de langue, de culture, de religion et même de civilisation. L'idée qu'un projet de nature scientifique puisse être le prélude à un accord politique nous est familière. C'est ainsi que le CERN, organisme de recherche fondamentale en physique des particules, a été créé deux ans avant le traité de Rome et que les pays de l'Europe de l'Est ont participé à ses travaux de façon informelle, même aux pires temps de

la guerre froide et bien avant la chute du mur de Berlin. Créer, en faisant appel à la société civile, une Communauté de la connaissance et des compétences (CMC²) est donc une idée qui nous paraît très naturelle.

L'accueil chaleureux de la communauté scientifique à ce projet a dépassé toute notre attente. Je citerai les personnalités scientifiques prestigieuses qui ont accepté de faire partie de notre Comité scientifique, celles qui ont activement contribué à la préparation scientifique de ce congrès. Et finalement, mesdames et messieurs, vous tous qui êtes présents aujourd'hui.

L'articulation du programme nous a conduits à distinguer deux grandes directions dans les partenariats scientifiques entre pays du Nord et du Sud :

- **le partage du savoir** (éducation, recherche, culture) ;
- **les leviers du développement** (connaissances de base à but finalisé).

Cette première journée sera donc consacrée à des ateliers en séances parallèles sur ces deux thèmes. Au cours de cette première phase, nous espérons que de nombreuses et libres discussions auront lieu, dont la synthèse et les principales conclusions seront présentées demain au cours de la séance plénière du congrès de l'AFAS qui constituera elle-même l'Espace scientifique du triptyque : Espace scientifique, Espace humain, Espace technologique, dont l'ensemble constitue World-Med' 2002.

Enfin, la séance de clôture de samedi matin constituera le temps fort de ces trois journées. Sur la base de nos travaux, nous serons témoins (en fait acteurs) du début de ce qui sera, je pense, un processus historique : la proclamation de l'Appel de Marseille à la création de la CMC².

Je sais que vous avez hâte de commencer vos travaux et je m'arrêterai donc là. Permettez-moi seulement de remercier les instances qui ont donné un appui matériel indispensable à cette manifestation : la Ville de Marseille, la Chambre de commerce de Marseille-Provence, le Conseil général des Bouches-du-Rhône, le Conseil régional PACA, le ministère des Affaires étrangères, la direction générale recherche de l'Union européenne, et des sociétés privées, au nombre desquelles Khalifa Airways et Onyx.

Je vous remercie de votre attention. La session A «Le partage du savoir» se déroulera ici même, et la session B «Les leviers du développement» dans l'amphithéâtre voisin.

Le partage du savoir (Session SA)

Responsable matin : **Robert Klapisch**, directeur de recherche émérite au CNRS, CERN, président de l'AFAS
 Responsable après-midi : **Yves Lancelot**, CNRS, Centre d'océanologie de Marseille

Partenariats universités Nord Sud (SA1)

Coordinatrice : **Annick Suzor-Weiner**, professeur et directrice des relations internationales, université Paris-Sud, France

Modérateur : **Étienne Guyon**, président de la Société française de physique, ancien directeur de l'École normale supérieure de Paris, France

Nous reproduisons ici la très vivante discussion qui a eu lieu au cours de cette session. Certains intervenants ont bien voulu en outre nous faire parvenir un court texte que nous publions à la suite, à la demande des responsables de la session SA1.

Partenariats universitaires : liaison formation-recherche

Intervenants : **Mohamed Amara**, université de Pau, France

Sami Bayouhdh, chimiste, maître-assistant INSAT (Institut national des sciences appliquées et de technologie de Tunis), Tunisie

Saïd Bouarab, professeur de physique à l'université de Tizi-Ouzou, Algérie

Mohamed Jaoua, président du CIMPA (Centre international de mathématiques pures et appliquées), professeur à l'École nationale d'ingénieurs de Tunis, Tunisie

Laila Mandi, biologiste, faculté des sciences Semlalia, Marrakech, Maroc

Khalid Najib, professeur de mathématiques, ENIM (École nationale de l'industrie minérale), Rabat, Maroc

Guy Taieb, université de Paris Sud, France

Étienne Guyon :

Aussi bien à la Société de physique dont je m'occupe, qu'à la Société mathématique de France ou à la Société de mathématiques appliquées, nous sommes très soucieux de pouvoir contribuer à ces partenariats Nord-Sud, partenariats universitaires et partenariats de recherche. Je propose que, dans la première table ronde, nous pensions universités, recherche universitaire, et je crois qu'il y a un consensus, pour la nécessité de ces partenariats, d'une plus juste égalité, d'échanges, de retours. Donc essayons de ne pas enfoncer les portes ouvertes. Ce qui sera utile, c'est qu'on puisse terminer chaque table ronde avec des recommandations aussi concrètes que possible sur ce qui est à mettre en œuvre, à court, moyen et long terme.

Laila Mandi :

Je suis biologiste, plus précisément hydrobiologiste. Je suis également coordinatrice nationale du Pôle de compétences sur l'eau et l'environnement, qui est actuellement un réseau accrédité par le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Formation des cadres et de la Recherche

scientifique. En ce qui concerne le partenariat universitaire entre le Nord et le Maroc, il est très diversifié, très riche, à travers de nombreuses actions de coopérations avec plusieurs pays du Nord. C'est un bilan très important.

Citons le cas, par exemple, de la coopération avec la France dans le domaine de la recherche scientifique, qui se distingue par sa densité, sa diversité, sa continuité et couvre un certain nombre d'actions et de programmes qui ont été approuvés par la mise en place de moyens nécessaires à leur exécution. Là, je cite le programme des actions intégrées, instauré depuis 1983, qui constitue une caractéristique fondamentale de la coopération maroco-française et couvre toutes les activités liées à la recherche universitaire. Nous y trouvons les sciences exactes et naturelles, les sciences médicales, la technologie, les sciences de la gestion, les télécommunications, les sciences nucléaires, etc. Tous les projets conçus dans ce cadre sont définis, élaborés et mis en œuvre par les établissements partenaires, les équipes scientifiques des deux pays, en fonction bien sûr des objectifs, du coût et de la durée de chacun des projets.

Il y a aussi la coopération en partenariat. Les actions liées à ce type de coopération s'inscrivent dans le prolongement du colloque d'avril 1996 sur la valorisation de la recherche et le transfert du savoir entre l'université et l'entreprise. Ces actions comprennent le génie industriel, visant les liens université-entreprise, formation-emploi, les cellules d'interface université-entreprise et le partenariat technologique.

Il y a aussi un autre aspect, qui est la mise en place de pôles de compétences. Là aussi, cette coopération apporte son soutien aux efforts du Ministère visant l'identification et la mise en place de pôles de compétences mobilisant des chercheurs autour d'une thématique commune, donc un travail en réseaux et qui doit permettre de synchroniser les efforts, les méthodes de travail, etc.

Il y a d'autres programmes, des programmes en préparation, des fonds de solidarité prioritaires, etc.

Notre coopération n'est pas limitée à la France, il existe aussi des coopérations avec d'autres pays, à savoir le Portugal, l'Allemagne, l'Espagne, la Tunisie. À titre d'exemple, en 2001, je cite des pourcentages de projets existants : pour les actions intégrées maroco-françaises, le nombre est de 15 ; pour la coopération scientifique entre le Maroc et la Tunisie, le nombre est 3 ; pour la recherche agronomique pour le développement (PRAD), c'est un effectif de 8 ; il y a également des conventions de coopération CNRS français-marocain ; des programmes de coopération scientifique PICS au nombre de 3 ; des conventions de coopération entre le Maroc et le Portugal, 4, entre le Maroc et l'Allemagne, 3 ; des coopérations dans le domaine culturel, éducatives, etc.

Il nous faut encourager les travaux principalement en réseau pour synchroniser nos méthodes de travail, coordonner la diversité et la dissémination des travaux de recherche d'une manière synchrone.

Étienne Guyon :

Effectivement, quand on dit Nord-Sud, on pense à nos projets de recherche et il y a une étape supplémentaire qui n'est pas souvent aussi bien travaillée, dans laquelle cette réflexion sur le transfert, la spécificité, le respect des diversités culturelles, scientifiques et de formation, ne sont pas assurés de façon adéquate, et c'est notre responsabilité aussi bien dans le Nord que dans le Sud. Les programmes de recherche que vous avez présentés semblent effectivement quelque chose qui marche bien, mais l'étape supplémentaire ne marche pas toujours aussi bien. Or, elle est la base de notre mission d'universitaires même si notre enseignement ne porte pas strictement sur ces programmes de recherche intégrée.

Saïd Bouarab :

Je suis professeur de physique à l'université de Tizi-Ouzou, en Algérie. J'ai un premier constat à faire : les objectifs et les propositions. Chez nous, les universités se sont vidées au profit des pays du Nord : nous n'avons plus de cadres. Nous sommes deux professeurs en physique en

25 ans d'existence, c'est-à-dire que les autres partent. C'est dramatique. Autre exemple : nous avons un seul projet en physique CMEP à Tizi-Ouzou et il arrive à terme. En 10 ans, il n'y a pas eu une seule conférence, ni un seul séminaire qui ait été donné par les gens des pays du Nord.

Dans nos objectifs, je pense qu'il faut arriver, à terme, à avoir des équipes de recherche performantes qui puissent maintenant reprendre le travail pratiquement à zéro et former des cadres de haut niveau, sans cela on ne pourra plus subsister. Il faut aboutir maintenant à un transfert Nord-Sud, une inversion des flux. Je plaide pour un investissement, style plan Marshall, des pays du Nord. Ce n'est pas un investissement en termes d'argent. Je prends le cas de l'Algérie : depuis 3 ans, nous avons, dans nos laboratoires, de l'argent dont on ne sait plus quoi faire parce qu'il n'y a plus de compétences. Nous formons des étudiants, peu nombreux, de très bon niveau et nous en sommes arrivés à nous dire qu'il n'est pas souhaitable de bien les former car ils partent et qu'il faut freiner cette évasion. Dans un premier temps, je pense qu'un investissement de la compétence dans le Sud par les pays du Nord va rapporter gros aux pays du Nord, et si nous arrivons à retenir 30 % des cadres que nous formons, ce n'est déjà pas mal. Les pays du Nord auront un produit fini qui va se réinvestir par la suite par un reflux du Nord au Sud. C'est un investissement qui ne va pas coûter cher. Personne ne vient en Algérie.

Étienne Guyon :

On connaît quelques-unes des raisons pour lesquelles personne n'y va, mais envisager des projets Sud-Sud, c'est-à-dire avec la Tunisie et le Maroc, n'est-ce pas un moyen au niveau d'écoles de formation ?

Saïd Bouarab :

Il n'y a pratiquement pas de collaborations Sud-Sud. On a évidemment plus de collaborations avec la France pour des raisons historiques. J'ai eu la chance de travailler dans un laboratoire espagnol, démarré en 1990 en parallèle avec le nôtre, qui a pu vraiment décoller par des collaborations très simples mais à long terme. Ce ne sont pas des collaborations d'une ou deux années qui forment ; il faut une collaboration à long terme et permanente. Notre équipe, elle, n'a pratiquement pas décollé ; il y a eu certes des améliorations, mais il n'y a pas une collaboration avec la France qui ait tenu 10 ans sur un projet de recherche qui arrive à terme.

Étienne Guyon :

C'est un appel au secours. Le physicien que je suis ne peut pas rester insensible. Je pense que nous ne sommes probablement pas assez au courant des situations dramatiques que vous décrivez. Je crois que, si l'on voulait faire l'effort de le faire connaître, on pourrait un peu améliorer la situation, indépendamment de grandes solutions radicales comme un plan Marshall. On peut imaginer à court terme des choses qui améliorent votre situa-

tion. Il faut nous le faire savoir. Les sociétés savantes en mathématiques, physique..., en France, sont là peut-être pour vous aider à établir des contacts de façon très informelle, indépendamment des contrats que vous pouvez demander.

Cette phase d'inversion des flux est très bien discutée dans le projet Unesco. On doit pouvoir imaginer des choses assez concrètes à faire dans un cas comme le vôtre. Vous nous avez signalé qu'aucune conférence venant du Nord n'avait été donnée à Tizi-Ouzou, ce qui est quand même quelque chose de très fort.

Sami Bayouhd :

Je vais parler de la dualité de mes expériences. J'ai été formé principalement en France et je voudrais mettre l'accent sur mes expériences professionnelles, surtout sur les deux dernières. De 1998 à 2000, j'ai participé à un projet européen, coopération Nord-Nord, et depuis septembre 2000, je suis enseignant chercheur à Tunis, à l'Institut national des sciences appliquées et de technologie, comme chimiste.

Le projet européen regroupait huit équipes de recherche d'Europe et son but était de développer un nouveau domaine de recherche en chimie qui concernait les empreintes moléculaires en polymères. Les laboratoires, les équipes doivent amener leurs compétences. On doit développer un travail de collaboration en quatre ans. Il y a des participations à des réunions générales qui sont ouvertes, qui invitent des industriels et diverses personnalités du domaine ; des réunions internes entre les membres du projet ; des réunions restreintes entre deux, trois équipes ; des séjours dans les laboratoires du projet ; des participations à des congrès et la rédaction de rapports tous les six mois.

À l'Institut national des sciences appliquées et de technologie, on forme des techniciens et des ingénieurs. C'est un nouvel institut, issu d'une collaboration franco-tunisienne, qui a été créé, en 1996, sur le modèle INSAT en France. Nous avons de grandes potentialités au niveau enseignants-chercheurs qui, pour la plupart, ont principalement été formés en France ou dans des pays anglo-saxons et sont retournés en Tunisie : notre culture et notre savoir-faire sont européens. L'enseignement est surtout en français, arabe et anglais. Pour développer la recherche en Tunisie, au niveau de la commande de produits, de matériels, on a des systèmes d'appel d'offres avec des délais très longs (3 à 6 mois) et, si l'on veut envisager des recherches, c'est un problème. Au niveau de l'accès à l'information, concernant les bibliothèques, on n'a pas tous les journaux mais maintenant, avec l'Internet, on peut avoir accès plus facilement aux journaux, donc il faut développer ce système d'abonnement aux journaux pour avoir les travaux les plus récents. Au niveau de l'organisation, il faudrait faire partager les responsabilités, un peu plus de transparence, car il y a encore un manque de transparence au niveau des décisions. Au niveau du travail d'équipe, on a l'impression qu'on manque encore de

confiance envers l'enseignant-chercheur tunisien. Il faudrait le valoriser un peu plus et lui donner les possibilités de s'exprimer. Donc il faudrait faire un saut qualitatif pour offrir les critères requis pour participer à ce genre de collaborations Nord-Nord.

Étienne Guyon :

Vous avez dit que vous étiez basés sur le modèle INSAT. Est-ce qu'on peut en déduire que vous participez à un réseau avec les INSAT de France ?

Sami Bayouhd :

Le modèle a été développé mais il n'y a pas beaucoup de collaborations.

Étienne Guyon :

Ce n'est pas que le modèle doive être transposé, mais ce serait un partenariat. Pour avoir dirigé pendant 10 ans l'École normale à Paris, je peux dire que mes contacts avec les écoles normales supérieures africaines, malgré tous les efforts que j'ai faits, ont été quasiment nuls.

Pour moi, l'université commence par l'élève qu'on prend en DEUG ; il fait une licence, une maîtrise, un DEA, une recherche doctorale et, en échange, l'enseignant-chercheur a, lui, une recherche, qu'il fait passer directement ou indirectement dans l'enseignement qu'il fait. Si l'on ne fait pas cela, on passe à côté de l'université. Un certain nombre d'universitaires en France, et c'est très grave, considèrent finalement que l'enseignement universitaire est un pensum car leur vrai métier, c'est d'être chercheur. Non, le vrai métier de l'universitaire est d'être universitaire, avec la part enseignement et la part recherche, et je pense que si l'on passe à côté, on passera à côté de cette ouverture culturelle, de cet élargissement qui sont nécessaires pour les pays du Sud.

Mohamed Amara :

Je suis professeur à l'université de Pau et directeur du laboratoire de mathématiques appliquées. Je représente le Nord, mais je suis Algérien et j'ai enseigné plusieurs années à l'université d'Alger ainsi qu'à l'École polytechnique de Tunis, et j'ai un certain nombre de relations avec le Maroc, ce qui fait que je pense avoir une vision sur les trois pays qui est assez forte.

Je voudrais revenir sur certaines définitions qui peuvent peut-être sembler triviales. Lorsqu'on parle de recherche universitaire, il faut la situer dans un contexte global. Ce n'est pas une entité intrinsèque, elle fait partie d'un ensemble socio-économique et se doit de répondre aux attentes de la société. Je pense que cette évidence explique en bonne partie pourquoi, dans ces pays, il existe un déphasage entre les activités de recherche, en particulier universitaire, et leur positionnement dans la société. Je trouve d'ailleurs ce positionnement plutôt négatif parce qu'en général, on dit que la recherche ne produit rien ; au pire c'est du mécénat, au mieux c'est une formation de doctorat, et ces activités sont amenées plus ou moins à

s'intégrer dans un tissu économique, selon les difficultés des pays. Cela entraîne que les dividendes de cette recherche sont peu visibles socialement et économiquement et j'ai l'impression qu'en retour, les politiques qui gèrent cette recherche en ont une perception non prioritaire qui fait qu'on assiste à une répartition égalitaire des ressources, des budgets affectés, et on assiste donc à une évaluation qui n'est pas aussi rigoureuse qu'on pourrait l'espérer. À mon avis, cela est dû au fait qu'on ne lui fixe pas d'objectifs clairs et que, par conséquent, on ne demande pas des comptes clairs.

Dans la recherche universitaire, il y a une certaine confusion qui n'est pas évidente à gérer. Est-ce que la recherche s'appuie sur des actions de formation, des thésards, des post-doc, etc., et à ce moment-là, c'est un processus que je trouverais normal, ou alors c'est la finalité de la recherche que de former des doctorats et donc je pense qu'on se coupe des objectifs qui sont arrêtés *a priori* et qu'on attend de cette recherche.

Il existe un partenariat Nord-Sud en Méditerranée occidentale, un fort partenariat entre les pays de la rive Sud et la France en particulier. Il me semble que ce partenariat permet surtout aux équipes les plus dynamiques de rester intégrées dans un mouvement de recherche internationale, mais que les questions abordées sont, en général, déconnectées de l'environnement de leur pays. Si, concrètement, l'on veut travailler avec un laboratoire français, espagnol ou italien, ce sera sur les thèmes de ce laboratoire, les activités de recherche du Nord. Cela permet d'une part de disposer d'un vivier de doctorants, de post-doctorats (ce qui est appréciable dans la crise actuelle de recrutement) et d'autre part de travailler sur des questions d'intérêt pour eux.

Concernant la fluidité, le transfert Nord-Sud ou Sud-Nord, je pense que c'est une tendance inéluctable. Il y a un tel fossé économique, social et politique entre les deux rives que c'est physique : il y a une dépression, il y a une haute pression et il y a un flux. Si l'on ne s'attaque pas à ces problèmes de base, il y aura toujours un flux du Sud vers le Nord, flux suscité par le Nord, par les personnes concernées du Sud, par des situations politiques, économiques..., mais ces flux existeront et, à mon avis, c'est une chimère de penser qu'on pourrait les inverser et mener une politique d'inversion des flux. On peut mener une politique de réduction des inégalités économiques, sociales, politiques, entre les deux rives, qui aura pour corollaire de réduire les flux, mais certainement pas de les arrêter ou de les inverser.

Le thème de cette rencontre, c'est une communauté méditerranéenne. Si l'on parle d'une communauté, après tout, s'il y a des flux, des équilibres seront atteints, puis on verra, lorsque cet équilibre sera effectivement atteint asymptotiquement, quel est l'état de cette communauté, mais c'est un tout. Ou c'est une communauté et on raisonne globalement, ou alors on dit qu'il y a deux rives, deux destins, deux choses séparées et, à ce moment-là, on empêche carrément les flux. Le débat me semble biaisé à

la base. Néanmoins, cela ne veut pas dire qu'il faut laisser les choses se faire mais je pense qu'elles se jouent principalement sur un autre domaine, le domaine économique, social et politique.

Par contre, en ce qui nous concerne, dans le cadre des partenariats Nord-Sud, qu'est-ce qui pourrait être fait pour essayer de définir, de ralentir ces flux, ou essayer de construire des choses concrètes et surtout pérennes ? À mon avis, cela passe par l'implantation, sur la rive Sud, de centres de recherche qui soient homologues à ceux de la rive Nord. Cela passe par le renforcement de réseaux : on a la possibilité maintenant d'utiliser des technologies qui permettent d'être à distance, tout en étant proche, donc de beaucoup se baser sur la notion de laboratoires virtuels, de centres de documentation virtuels, et aussi l'implantation physique de centres de recherche sur la rive Sud, dans le style du Centre de physique de Trieste, avec des postes de chercheurs qui soient définis dans un sens communautaire et non pas national ; il faut que ces centres aient une vocation communautaire au sens Nord-Sud, avec des échanges de visiteurs, longue durée, Nord et Sud, sinon cela n'a plus de sens et pourrait créer des centres d'agrégation autour desquels pourraient se développer des noyaux de compétences et de connaissances. À mon avis, c'est une des solutions pour permettre de fixer au Sud et de définir des zones de développement en recherche universitaire. En parallèle, les cotutelles, les co-encadrements, les séjours, je ne dis pas qu'il faut arrêter ces circuits car on essaie de monter qualitativement le mode d'organisation de ce partenariat, mais il y a des principes de base qui doivent être fixés, qui sont que, si l'on veut fixer et développer la connaissance sur la rive Sud, il faut que la majeure partie de la thèse se fasse sur la rive Sud. Il faut que, dans ce cadre, il y ait un milieu dans lequel puisse se mouvoir un doctorant, donc un cadre dans lequel il y ait des séminaires, des rencontres, des visiteurs, etc. Il faut aussi mettre à disposition des circuits adaptés d'aide à la mobilité, parce qu'on sait bien qu'il y a des modes de fonctionnement qui, dans la réalité, posent parfois problème. Ce n'est pas toujours évident pour un jeune thésard d'aller faire un séjour dans un laboratoire du Nord. Il faudrait aussi définir des espèces de plan de carrière. Ce thésard, lorsqu'il soutient sa thèse, que va-t-il devenir ? S'il n'a pas d'avenir chez lui, je ne vois pas à quoi tout cela sert, et il faut avoir une réflexion qui aille au-delà, et qui passe, à mon avis, par la place que les pays du Sud accordent à cette recherche universitaire. Sont-ils vraiment convaincus qu'elle leur apporte quelque chose ? C'est une question que je me pose parfois.

Étienne Guyon :

Sur vos propositions, je retiens en particulier le fait qu'il ne s'agit pas simplement de prolonger les thèmes du Nord mais de définir, au même niveau de qualité, avec des conditions différentes, des thèmes correspondant au Sud, et cela me frappe énormément que tous ces chercheurs ayant fait une thèse en Europe, une fois revenus dans leur

pays, croient qu'il faut absolument qu'ils développent la même recherche. Et nous sommes, en France, aussi coupables de le leur proposer. Pour citer un exemple personnel, nous développons un thème sur la mobilité des dunes avec les pays du Maghreb et la Mauritanie. C'est un thème qui nous vient du Sud et qui va fonctionner.

Le deuxième point que j'ai noté, c'est effectivement la nécessité pour l'université, pour sa recherche, sa formation, d'avoir des objectifs et d'être évaluée. C'est quelque chose qu'on ne fait pas assez correctement, ce peut être de l'auto-évaluation, de la saisine, et ce peut être aussi de faire appel à des gens de l'extérieur pour donner le meilleur de ce qu'on peut faire.

Khalid Najib :

Je suis professeur de mathématiques à l'ENIM, Rabat. Par rapport à la question de l'enseignement supérieur au Maroc, la formation est caractérisée par un énorme gaspillage. Si l'on compte les effectifs des étudiants qui entrent en première année, seulement 12 % sortent quatre ans après - ce sont des statistiques officielles. Elle est aussi caractérisée par une formation inadéquate aux besoins, qui entraîne un énorme chômage des diplômés (dont les 12 % favorisés) et se caractérise aussi par des effectifs universitaires en deçà des besoins de développement. Pour qu'il y ait un développement durable, il faudrait que ces effectifs doublent. Conséquence immédiate : une hémorragie des effectifs à l'université.

En ce qui concerne la recherche, elle manque d'orientations, de moyens matériels, de partenariats de qualité. Le corps enseignant à l'université se trouve désœuvré, ce qui a donné le signal d'alarme qui a entraîné une réflexion autour d'une réforme de la formation universitaire. Cette réforme présente des enjeux au niveau de la place des sciences dans la société marocaine parce que l'enseignement tel qu'il est fait ne répond pas à une place honorable des sciences. Quand on remarque que les étudiants se baladent dans des jardins pour apprendre leurs leçons de biologie, ce n'est pas une formation qui permet de leur donner un esprit scientifique. L'enjeu de cette réforme est également le développement des formations professionnalisantes et une recherche tournée vers les applications concrètes aux problèmes du pays.

Les attentes sont : une collaboration au niveau de la mise au point des cursus pour les écoles d'ingénieurs et les universités, l'identification de projets innovants, un soutien à la recherche et à la formation par des cotutelles de thèses, par la création de masse critique au niveau des laboratoires pour que la recherche ne soit pas morcelée, par l'ouverture des congrès aux Marocains, car nous n'avons pas d'institutions qui nous paient l'inscription à ces congrès. Les limites de ces attentes, c'est une limite économique car nous avons des ambitions quelque peu supérieures à la sous-traitance - mais il faudrait que le marché économique nous autorise ces ambitions : une complémentarité au niveau de la formation, et permette de juguler la fuite des cerveaux. L'autre limite, c'est une

Europe qui est tournée vers l'Europe et un Maghreb qui titube.

Guy Taieb :

Nous recevons au Laboratoire de photophysique moléculaire des étudiants de DEA de Tunis, parce qu'ils ne peuvent pas faire de stage expérimental, n'ayant pas de matériel. Donc si vous voulez fixer ensuite des étudiants pour leur thèse, il faut qu'ils soient équipés et s'il n'y a aucun équipement sur place, ils resteront en France. Dans le cadre de cette collaboration universitaire, nous avons présenté un projet de DEA (entre Orsay et Tunis) à un projet de partenariat d'enseignement et essayé d'avoir une option en commun de façon que nous puissions échanger des enseignements et des enseignants systématiquement, dans un cadre bien planifié et universitaire, projet qui a été rejeté.

Étienne Guyon :

Est-ce qu'on peut imaginer que, pour la photophysique moléculaire, on ne fasse pas exactement la même chose à Tunis qu'à Orsay ?

Guy Taieb :

Pour donner un exemple précis, nous nous sommes lancés sur des applications physiques, avec des lasers, sur l'environnement et sur la pollution de l'eau, et je pense que c'est un thème très important pour la Tunisie.

Quelqu'un dans le public :

Je coordonne un GDRI (groupement de recherche international). Je voulais signaler que les PICS ou les AI ont une durée beaucoup trop courte pour former réellement un physicien. Quatre ans ne sont pas suffisants et c'est la raison pour laquelle le CNRS est en train de former ces groupements de recherche internationale.

Geneviève Nihoul (université de Toulon) :

Je travaille toujours beaucoup avec la Tunisie et je voulais signaler que nous avons aussi des projets d'action intégrée sur des choses beaucoup plus pratiques. Actuellement, nous travaillons avec l'université de Sfax à un projet qui permet d'améliorer les serres. Ce projet a failli ne pas passer au niveau du ministère français parce qu'il était un peu «appliqué», pas très «recherche», en fait pas très «joli» comme recherche. On nous a fait quelques remarques et, finalement, on nous a accordé le projet avec très peu d'argent en nous disant bien : «n'y revenez pas».

Étienne Guyon :

Il ne faudrait pas penser que la recherche fondamentale ne se fait qu'avec un crayon et un papier, et que la recherche telle que celle que vous décrivez est une recherche de seconde zone. On fait de la recherche de première zone sur des problèmes aussi concrets que ceux que vous avez décrits.

Mohamed Jaoua :

Les structures actuelles qui s'occupent de la coopération au niveau des universités sont inefficaces. Je constate qu'il y a 2 ans, le nombre de projets CMC en sciences de l'ingénieur était limité à quatre, alors que les sciences de l'ingénieur sont les viviers du développement des pays. Premier exemple : j'avais un projet avec l'X, il était noté AAB+ et il a été refusé car on limite le nombre. Deuxième exemple : on a institué la cotutelle pour encourager la fixation des étudiants sur place mais, quand je constate que mes deux étudiants qui sont inscrits en coordination avec l'X, à Toulouse, n'ont reçu aucune bourse, je me demande où est l'application des textes. Troisième exemple : vous avez parlé de la désertification, j'avais proposé un projet avec l'équipe de Nantes sur les déplacements des dés,

qui a été refusé, alors je me demande où est l'efficacité.

Quelqu'un dans le public :

La recherche a été développée, heureusement, dans nos pays par des projets CMCU, CNRS, etc., c'était un début qui était excellent. Les thèses en cotutelle, c'est aussi une situation très favorable et très constructive. Ce qu'il faut, c'est qu'il y ait immédiatement, à très court terme, pour ces thèses en cotutelle, des installations d'équipements de laboratoire de recherche expérimentale sur place, et poursuivre cet aspect par un développement de centres affiliés, et réellement installer des centres de recherche dans nos pays. C'est cela qui est important pour fixer les gens et pour donner de la valeur à la recherche et sa compréhension au niveau de notre pays.

Formations professionnalisantes

Intervenants : **Naceur Ammar**, directeur de l'ESC (École supérieure des communications), Tunis, Tunisie
Mourad Khelladi, ancien secrétaire d'État à la Recherche, docteur en sciences physiques, membre du Conseil national économique et social, expert auprès de la Banque mondiale pour les questions d'enseignement, Algérie
Georges Michailesco, directeur de l'IUT de Cachan, université Paris-Sud, France
Taoufik Ouazzani Chahdi, EST de Fès, université Sidi Mohamed Ben Abdellah, directeur du réseau des EST (équivalent des IUT), Maroc

Étienne Guyon :

Le deuxième thème est clair, il s'agit des formations professionnalisantes. C'est évidemment un terme que je trouve bizarre parce que, pour moi, universitaire, j'ai toujours considéré que toutes les formations devraient être professionnalisantes. Lorsque j'étais jeune chercheur, on avait déjà mis en avant la notion de formation par la recherche, en disant qu'un chercheur formé de cette façon-là doit pouvoir faire autre chose que de rester dans un laboratoire du CNRS local, et qu'il s'agit, dans tous les cas, de former par la recherche. En l'occurrence, nous allons être plus concrets : ce que l'on appellera la formation par la recherche, c'est ce qui peut se faire dans l'équivalent des IUT ou dans les formations professionnalisantes. Mais entendons-nous bien : nous avons tous, de la première année de DEUG jusqu'à la thèse, la responsabilité de former à un métier.

Naceur Ammar :

Je viens ici apporter un témoignage d'un vécu à travers l'expérience de développement de l'École supérieure des communications de Tunis. C'est une école équivalente aux écoles du GET (groupement des écoles de télécoms) qui sont censées former des ingénieurs en télécommunications.

Je vais utiliser comme ligne directrice ce qui est utilisé communément dans les entreprises, le VMOS : la vision, les missions, les objectifs, la stratégie.

En termes de vision : en 1997, on parlait du 9^e plan de développement économique et social de la Tunisie qui s'étend de 1997 à 2001, et le secteur des TIC, reconnu comme un moteur de la croissance économique, tablait sur 17 % par an. Cela s'articulait sur trois volets : le développement de l'infrastructure, la mise en place d'un cadre juridique adapté pour aller de plus en plus vers la libéralisation du secteur, et le renforcement des ressources humaines. En termes de renforcement des ressources humaines et de formation d'ingénieurs, le constat, en 1997, était que l'École ne formait que 30 ingénieurs par an, chiffre insuffisant par rapport aux besoins nationaux et, en tout cas, très en deçà par rapport au déficit annoncé un peu partout dans le monde. Dès lors, nous avons décidé de mener un projet de développement de l'École pour renforcer les ressources humaines et, sur 10 ans, nous avons décidé de porter la capacité de formation à 200 diplômés par an à l'horizon 2006 ou bien à la fin du 10^e plan. En 1997, le constat était qu'il n'y avait que 20 enseignants-chercheurs permanents, la majorité d'entre eux étant déconnectés de la recherche. Cela coïncidait avec la parution de la loi d'orientation en matière de recherche et la mise en place

de structures de recherche. Donc il y avait peu d'enseignants-chercheurs qui restaient actifs dans un domaine où l'évolution des technologies se fait de plus en plus rapidement. Comment, dans ces conditions, relever le défi et passer de 30 à 200 ingénieurs par promotion ?

Les missions de l'École sont au nombre de trois : la formation initiale d'ingénieurs, la formation continue par l'actualisation des connaissances dans un domaine où la constante de temps d'évolution des connaissances ne cesse de se réduire, et la mise en place d'une formation à et par la recherche ainsi que recherche et développement.

La stratégie au niveau politique : le politique est prêt à doter l'École de moyens matériels, de locaux et d'équipement. Il y a un plan d'investissement qui est lancé depuis 1997 pour construire de nouveaux locaux, investir dans des équipements, dont les laboratoires. Le deuxième volet de la stratégie est l'actualisation des programmes pour qu'ils collent au plus près l'évolution technologique. Le troisième point est le renforcement des moyens humains en termes d'enseignement et de recherche pour maintenir la même qualité de l'encadrement, voire la renforcer. Je veux citer en exemple la coopération avec les écoles du GET mais également en horizontale avec l'INPT de Rabat. C'est un partenariat gagnant-gagnant qu'on a initié, qu'on a essayé de mettre en place depuis 1998. Au départ, ce programme de coopération s'articulait sur le renforcement de l'enseignement par l'invitation d'enseignants-chercheurs visiteurs pour donner des cours sur des périodes bloquées, l'initiation de stages qui peuvent se passer dans les laboratoires des institutions partenaires, voire de projets de fin d'étude. Nous sommes même allés avec Télécom Paris jusqu'au double diplôme et à l'insertion dans les réseaux européens de type Times pour profiter un peu de la fécondité des échanges. En matière de recherche, il faut former plus de doctorants. Nous avons profité un peu des mécanismes de financement de la recherche, de type CMCU ou actions intégrées, financées par les affaires étrangères, des projets PICS, financés par le CNRS ou bien des projets STIC, financés par l'INRIA. Cela a permis d'initier des thèses. Dans le domaine des TIC, pourquoi le partenariat est-il gagnant ? Il se trouve qu'à Télécom Paris et aux écoles du GET, le vivier de chercheurs potentiels se restreint parce que les jeunes diplômés préfèrent aller dans un domaine en pleine effervescence et en croissance économique, directement dans les entreprises, avec des salaires mirobolants, que d'aller investir encore un temps dans un poste de recherche. Il se trouve qu'en Tunisie, nous n'avons pas encore été contaminés par ce phénomène et il y a encore un engouement des jeunes de qualité à embrasser cette carrière d'enseignement et de recherche et à faire des thèses.

Étienne Guyon :

Vos écoles d'ingénieurs ne sont pas faites simplement pour cela ?

Naceur Ammar :

J'articule un peu sur le renforcement de l'encadrement pour former de futurs enseignants.

Étienne Guyon :

Cela ne me semble pas du tout évident.

Naceur Ammar :

On parle de l'inversion de flux. C'est vrai que nous enregistrons de temps en temps, avec plaisir, le retour d'expatriés, mais je parle en termes de communauté et de réseaux. Il ne faut pas raisonner avec des frontières limitées. Il se trouve que nos compatriotes tunisiens expatriés qui exercent dans les TIC, qui dirigent des laboratoires, sont d'excellents ambassadeurs, que nous mettons à contribution pour appuyer l'enseignement et pouvoir initier des actions de recherche en commun.

À mi-parcours de ce programme et de sa stratégie, je peux vous annoncer les résultats : le corps d'enseignement et de recherche a plus que doublé, nous sommes passés de 20 à 45 en termes de recrutement ; il y a actuellement 20 doctorants, dans des institutions partenaires, qui mènent des thèses et nous espérons qu'une bonne partie vont pouvoir rentrer et même, pour ceux qui ne vont pas rentrer, il y a toujours la possibilité de les mettre à contribution pour initier des actions en commun. Il y a 10 thèses initiées sur place depuis l'an 2000 avec un co-encadrement ou dans le cadre de cotutelle. Nous avons ici un réseau et nous faisons impliquer ou mettre à contribution près de 30 enseignants-chercheurs visiteurs par an. L'École a été habilitée à délivrer tous les diplômes de troisième cycle depuis 2000 et il y a 30 mémoires de DEA en co-encadrement qui sont en cours.

Les perspectives : en conclusion, je dirais que le pari est prêt à être relevé. Ce qui nous manque, c'est de mener de grands projets d'envergure, en bilatéral, avec des institutions françaises, voire en multilatéral dans l'espace euro-méditerranéen, et nous comptons des compétences actuellement satellisées autour des axes suivants : les technologies de l'information et le traitement d'images, les communications numériques, les réseaux mobiles et l'ingénierie des réseaux tous azimuts, et la micro-électronique. Il y a des indicateurs qui plaident pour dire que le pari est prêt à être relevé à l'horizon 2010.

Étienne Guyon :

Votre exposé ressemble tout à fait à celui qu'on aurait eu dans une université, je n'ai pas du tout senti l'aspect formation professionnalisante. Il me semblait que, dans ce cadre-là, bien sûr il faut assez d'universitaires, il faut mener une recherche de pointe mais il faut surtout créer des conditions, inviter des ingénieurs à venir parler. L'aspect sciences humaines et sociales, je l'ai vu avec le GET, est très important, communiquer, pourquoi, etc. Mais ce n'est pas du tout la même chose que l'université.

Naceur Ammar :

Bien entendu, le plan d'étude que nous avons mis en place vise à former avant tout des ingénieurs, bac + 5.

Taoufik Ouazzani Chahdi :

Je vais témoigner d'une expérience que nous trouvons intéressante en ce sens qu'elle engage deux réseaux : un réseau marocain, les EST (écoles supérieures de technologie) et le réseau des IUT français. La coopération EST-IUT existe depuis 1985, c'est-à-dire depuis la mise en place des écoles supérieures de technologie au Maroc qui sont des IUT marocains, qui délivrent un DUT, qui font des techniciens supérieurs après deux années de formation. Il est vrai qu'un premier programme, de 1986 à 1992, a été mis en place pour l'aide à la mise en œuvre des deux premières EST, à Casablanca et à Fès et que, ce faisant, c'était davantage un programme d'assistance technique, pédagogique, de coopération avec des enseignants permanents, des coopérants, qui avaient pour tâche d'abord d'aider à la mise en place des structures pédagogiques et à la mise en place de la relève une fois leur mandat épuisé. Malheureusement, la relève n'a pas été assurée pour autant et c'est ce qui a amené à réfléchir à un nouveau programme, qui a véritablement démarré en 1995 et qui devait s'achever en l'an 2000, mais qui, pour des raisons que je vais vous expliquer, a été prolongé pour 2001 et 2002 de façon transitoire en attendant qu'un nouveau programme soit mis en place.

Ce programme vise surtout la mobilité, donc des séjours très courts de part et d'autre, et au terme des six années, de 1995 à 2000, 920 actions ont été mises en place de part et d'autre : 580 dans le sens Maroc-France et 340 dans le sens France-Maroc, avec bien entendu des opérateurs à qui l'on a confié le soin de manager ce projet.

Les principaux bénéficiaires sont les EST et toutes leurs composantes de formation autour de trois axes prioritaires : d'abord, la qualité de formation basée sur une réelle adéquation aux besoins des secteurs productifs, mais aussi le développement du partenariat avec le monde socio-économique et le renforcement institutionnel par le développement des ressources humaines et matérielles. Les bénéficiaires sont également les opérateurs, en l'occurrence l'IUT consultant et l'AFNEJ, particulièrement en ce qui concerne la maîtrise de l'ingénierie de formation, le management de projet et l'extension de l'expérience avec le Maroc à d'autres modèles de formation technologique courte dans d'autres pays du Maghreb, du Moyen-Orient, de l'Amérique latine et de l'Europe centrale. Bien évidemment, il y a des bénéficiaires indirects qui sont les partenaires institutionnels des EST, en particulier les entreprises, les collectivités territoriales et d'autres établissements universitaires marocains.

L'originalité du programme est qu'il implique l'ensemble des composants des EST, pas seulement les enseignants mais aussi le personnel technique, administratif et même les étudiants. Ce sont donc des bénéficiaires directs.

Il y a un souci de qualité, d'efficacité, donc de rentabilité dans chaque action ; en fait chaque action fait l'objet d'un cahier des charges et d'un rapport d'action, un rapport de stage, un rapport de mission, qui sont évalués avec un souci d'optimisation et de rationalisation des moyens octroyés. Quand une action est organisée dans une EST, elle est ouverte à l'ensemble des autres EST, et, de ce fait, au niveau du réseau des EST, nous sommes organisés et il y a un accord d'entente, budgétisé, qui permet aux enseignants des différentes EST d'être accueillis dans l'EST qui organise la manifestation, ce qui permet un plus grand bénéfice de l'action. Ensuite, c'est un programme très évolutif, basé sur la notion de grille d'activités, elle-même évolutive, c'est-à-dire que c'est une grille qui est mise annuellement à jour, faisant disparaître certaines activités ayant réalisé leurs objectifs au profit de nouvelles activités innovantes, toujours en relation avec les trois axes prioritaires que j'ai cités tout à l'heure.

Les temps forts de ce programme sont d'abord les séminaires, ce que nous avons appelé les séminaires de notoriété et de communication, organisés annuellement, chaque fois dans une EST, autour d'une thématique particulière directement en relation avec le thème prioritaire, sur la formation continue, ou sur les conditions de partenariat avec le monde socioprofessionnel, ou sur le développement régional, etc. Évidemment l'objectif de ce séminaire est surtout d'explorer et de faire connaître les voies possibles de rapprochement entre le monde des entreprises et celui des formations technologiques courtes. Les ateliers pédagogiques visent à diversifier les enseignements par la mise en place de nouvelles matières mais aussi par la mise en place de nouvelles options, voire même de nouveaux départements. Le 10^e anniversaire des EST (qui a coïncidé avec le 30^e anniversaire de création des IUT) a été fêté de part et d'autre. Enfin les journées nationales de la FNEJ ont profité notamment au département tertiaire des EST.

J'insiste sur le rôle de l'opérateur, sa contribution décisive à l'atteinte des objectifs de qualité et de rentabilité et puis les perspectives. D'ores et déjà, on peut faire un bilan. Les principaux acquis de ce programme sont : des formations adaptées aux besoins des secteurs, une bonne formation du personnel enseignant, technique et administratif, un réel partenariat avec les entreprises et un bon placement des lauréats et, bien évidemment, une crédibilité certaine du produit EST dans l'éventail des formations technologiques courtes marocaines.

Les points à renforcer et qui peuvent éventuellement faire l'objet d'un nouveau programme de coopération EST-IUT sont une plus grande ouverture du système auquel on reproche d'être un peu *mono-process*, mono-produit, en ce sens qu'il reçoit de nouveaux bacheliers en formation initiale et leur attribue le DUT après deux années. On souhaiterait :

- que ce système soit plus ouvert, pas forcément à de nouveaux bacheliers, mais à des anciens, voire même à des techniciens en situation d'emploi et qui souhai-

- teraient évoluer en termes de carrière par l'obtention d'un DUT, autrement, en formation continue ;
- la mise en place d'une véritable filière technologique pouvant aller jusqu'au DESS, bac + 6, en passant par la MST ; il y a d'ailleurs un schéma de filière technologique qui a été proposé à notre Ministère ;
 - la montée en puissance des effectifs en formation initiale avec plus d'engagement des autorités de tutelle ;
 - la prise en compte dans l'évolution de carrière des enseignants de l'effort déployé en direction des entreprises. Il faut reconnaître qu'aujourd'hui, seule l'activité de formation et de recherche est prise en compte, mais cet effort colossal en direction des entreprises n'est pas encore pris en compte dans l'évolution de carrière ;
 - la maîtrise et l'usage des NTIC dans les formations ; la mise en place de nouvelles formations plus conformes aux besoins du développement économique du pays : tourisme, agroalimentaire, informatique, réseaux... ;
 - la nécessité de prise en compte, en fait, de capitaliser ce savoir sous forme de conseils et d'assistance au premier cycle universitaire marocain réformé, qui vise également une professionnalisation dans le cadre de la réforme universitaire.

Georges Michailesco :

On a essayé de reproduire ce modèle à partir des années quatre-vingt-dix en Palestine. Là-bas, cela s'appelle des collèges technologiques, qui, en une dizaine d'années, ont permis d'assister les Palestiniens à prendre en charge ce type d'enseignement. On a eu l'initiative de faire des universités d'été, c'est-à-dire des séminaires qui réunissent des gens de toute la région : Liban, Syrie...,

sur des thèmes que connaît l'université de Cachan : génie électrique, informatique industrielle. Elles ont réuni, selon les années, de 60 à 90 personnes de la région. L'intérêt est que ce sont des séminaires à vocation pédagogique, donc on leur explique ou on travaille sur l'approche pédagogique spécifique de la formation technologie courte. Puis, à partir de cela, on a créé indirectement un réseau des enseignants de cette région qui se retrouvent régulièrement pour échanger entre eux sur les approches pédagogiques, les échanges qu'ils peuvent développer, et aborder les aspects recherche sur lesquels nous n'intervenons pas - on se contente dans les séminaires de l'approche pédagogique.

Albert Bertalmio (Union régionale CFTC) :

Je suis engagé depuis longtemps dans la formation professionnelle initiale et continue. Mes relations avec les universitaires me font vous poser deux questions. Premièrement, professionnaliser n'impose-t-il pas la formation alternée, je n'ai pas entendu le mot *école-entreprise* ? Il y a des exemples courageux dans ce sens. Deuxièmement, faut-il encore longtemps refuser de s'engager dans la nouvelle conception de l'apprentissage dans l'enseignement supérieur ?

Un intervenant :

En ce qui concerne les établissements universitaires à vocation professionnalisante, la formation continue que nous engageons est une formation qualifiante, non diplômante. Par ailleurs, il y a un réseau d'établissements qui est investi de cette formation continue et qui ne relève pas de l'enseignement supérieur mais plutôt de la formation professionnelle et c'est à eux qu'appartient cette tâche.

Le maintien des compétences : vers un espace universitaire commun ?

Étienne Guyon :

Comment éviter, limiter l'érosion, le départ, de façon équilibrée ?

Mourad Khelladi :

Je suis ancien chercheur au CEA. Ensuite, j'ai été directeur des enseignements et de la recherche scientifique en Algérie et, en 1992, secrétaire d'État à la Recherche scientifique. Depuis, je suis consultant à la Banque mondiale, donc c'est avec beaucoup de recul que je vais vous parler de cela.

Fuite des cerveaux, comment inverser les flux ? drainage des compétences, matières grises, tous ces mots évoquent de façon dramatique l'exode des cerveaux de la péri-

phérie vers le Nord. L'ampleur du phénomène a donné lieu à des débats passionnés à l'occasion de multiples rencontres. Certains pays du Tiers Monde réclament des compensations pour les dommages subis : coût d'éducation, perte de production et d'innovation due aux départs de techniciens et de cadres qualifiés. Quelles sont les tendances ?

Premier point, elles sont persistantes : en effet, l'émigration est une vieille histoire, dont l'ampleur a pris une dimension considérable avec la révolution scientifique et technique, puis l'internationalisation des échanges et le rôle déterminant des activités scientifiques et techniques dans les affaires du monde.

Deuxième point, on ne peut pas régler le mouvement migratoire des chercheurs, cadres et techniciens

de la même manière que l'on contrôle un trafic de marchandises ou de capitaux.

Troisième point, et c'est le plus important, le talent va, non pas où l'on veut qu'il aille, mais là où il se sent le mieux reconnu, ce qui attire ailleurs et ce qui précisément manque chez soi. Les conditions structurelles offertes aux activités professionnelles jouent au moins un rôle aussi important que les avantages financiers. Dans beaucoup de pays en voie de développement, il faut compter avec la rigidité de la fonction publique, l'inertie institutionnelle, l'isolement professionnel, le manque de fonds pour la recherche et souvent le manque de critères objectifs pour le recrutement. Le manque à gagner est ainsi à rapporter à l'offre réelle d'emplois pour les scientifiques, qui est très souvent plus limitée. En Algérie, l'exode des compétences est un phénomène d'une rare gravité. Il avait déjà commencé avant les événements des années quatre-vingt-dix, avec un faible retour des boursiers thèses ; les formules alternatives qu'on avait essayées, thèses à distance, stages en alternance, etc., n'ont pas donné de meilleurs résultats et, avec la crise que nous vivons depuis une dizaine d'années, le phénomène a été accéléré, avec un exode extraordinaire d'enseignants-chercheurs mais aussi d'ingénieurs et de techniciens, notamment en informatique. Nous avons une crise à l'université, crise de rendement interne, des courants idéologiques et politiques conservateurs qui la traversent. L'université est donc avant tout menacée par l'absence de communautés scientifiques véritables, la stimulation venant toujours de l'extérieur. Il y a de nombreuses petites équipes sans lien véritable entre elles, avec de faibles moyens. Malgré la volonté de résoudre des problèmes locaux, l'attraction vers les modèles et les systèmes imposés par la communauté internationale est irrésistible. La dépendance est visible à travers les sujets de thèse traités, en l'absence de système de légitimation nationale crédible, c'est-à-dire que pour publier, il faut travailler sur des sujets européens.

Quatrième point, les politiques de développement exercées n'ont pas favorisé l'innovation. Dans le cadre de ces investissements productifs, l'Algérie a importé des technologies dans le cadre de contrats globaux, clés ou produits en main, ce qui a freiné ou bloqué le développement de capacités d'ingénierie. Comme vous le savez, le contrat «clé en main», c'est la fourniture de l'unité prête au démarrage. Le contrat «produits en main» est soi-disant un peu mieux, la formation de personnel en plus ; en fait, seuls les modes opératoires ont été transmis, mais pas de vrais savoirs. Les gros contrats «produits en main» visaient beaucoup plus l'usage que la maîtrise de la technologie.

Les perspectives : faut-il s'affoler pour autant ? Nous disons non, un peu d'espoir. Comment donc inverser les flux ? Je me restreindrai au cas de l'Algérie avec en ligne de mire la construction de l'ensemble maghrébin et les nouveaux défis qu'implique l'accord d'association signé récemment avec l'Union européenne. Comme vous le savez, l'Algérie, par sa signature, s'est engagée dans un processus de libéralisation complète de son économie.

Cette libéralisation, dans le cadre du plus grand marché avoisinant l'Algérie, peut être une chance si cette opportunité s'insère dans une véritable stratégie de développement, c'est-à-dire que, s'il n'y a pas de développement économique et social, l'émigration continuera pendant des siècles. C'est le développement économique et social qui est le plus important. On peut parler d'inverser les flux, pour moi, c'est «du pipeau». Il faut qu'il y ait réellement le développement économique et social et là, bien entendu, les pressions sur notre pays, la transition vers l'économie de marché, viendront peut-être du fait que nous allons entrer dans ce marché à l'horizon 2012. C'est une chance supplémentaire mais bien sûr il faut aussi des pressions internes et comme disent les Anglais, «*Beauty comes from within*», «La beauté vient de l'intérieur». Je crois donc que cela peut constituer une chance et une opportunité si cela sert dans une stratégie de développement qui privilégie bien entendu le changement structurel. C'est-à-dire qu'il ne s'agit plus uniquement de valoriser le pétrole et nos ressources naturelles, il s'agit de construire de véritables appareils productifs compétitifs. Il faut sortir de l'économie rentière. Le changement institutionnel est, bien entendu, un vaste chantier, mais à l'intérieur, il faut des appareils de formation et des appareils de recherche qui puissent favoriser l'innovation généralisée. Enfin, il faut une administration publique autrement plus dynamique que celle que nous avons pour pouvoir guider les réformes qui sont nécessaires. S'il n'y a pas tout ce travail, cela ne sert à rien. Donc la constitution de pôles d'excellence en matière de formation et de recherche, qui accompagne le processus de réforme et d'intégration progressive au marché européen, est une nécessité impérieuse parce qu'il s'agit, effectivement, d'une part de la constitution interne d'une communauté scientifique de qualité pour parvenir à une capacité de reproduction autonome, et d'autre part de la création d'un marché compétitif de cadres. Actuellement, nous avons une massification de l'enseignement. On ne peut pas tout faire, il faut bien entendu cibler quelques pôles d'excellence, quelques écoles précises. Au niveau maghrébin - parce qu'on ne peut pas tout faire non plus -, ces pôles et écoles devront bénéficier d'un financement différencié et d'une authentique autonomie pédagogique pour échapper à nos différentes tutelles administratives, sinon on retombe toujours dans le même cycle. Quand je parle d'autonomie pédagogique, j'entends les critères de sélection, l'élaboration des programmes, l'ouverture et la fermeture de spécialités, le développement de liens avec l'industrie et la société.

Comment peut-on coopérer avec l'Europe ? L'expérience acquise par l'Union européenne, à travers ses réseaux interuniversitaires et inter-institutions de recherche, devrait être mise à profit pour répondre aux problèmes principaux des réformes. On offre un large spectre d'activités de coopération pour les créneaux qui ont été choisis : développement de curriculums, méthodes d'enseignement, soutien à l'émergence de pôles d'excellence, renforcement du fonctionnement réseau d'équipes d'en-

seignants et de chercheurs, amélioration de la gestion de l'institution, et surtout implication directe, sous des formes à convenir, d'institutions du Nord dans la gestion conjointe de pôles d'excellence dans le Sud.

Je vous propose le programme Campus qui a été initié par l'Union européenne au profit des pays de l'Est pour cette mise à niveau au niveau des diplômés de la recherche. Il vient d'être accepté et étendu au Maghreb mais n'a pas démarré. C'est un programme qui dépend de la direction générale de l'éducation et de la culture à Bruxelles, programme très intéressant parce qu'il y a beaucoup de moyens. Si l'on se met d'accord, on pourrait démarrer par ce programme-là pour construire un bon cadre pour commencer un tel processus. Mais les ressources mises à disposition tournent, pour chaque pays, autour de 20 à 30 millions de dollars. Ces ressources ne seront pas suffisantes et devront être relayées par d'autres ressources, notamment celles provenant des différentes coopérations bilatérales. Il faut donc mettre tout cela en harmonie pour qu'il n'y ait pas de duplication, pour réellement faire des choses utilisées au mieux et optimiser les ressources. Bien entendu, il faut aussi l'augmentation des contributions financières des pays récipiendaires. Nul besoin de dire que la coopération intra-maghébine favorisera les complémentarités et les économies d'échelle au niveau régional. Si, au niveau régional, il n'y a pas d'intégration, cela ne marchera pas non plus. C'est donc un système beaucoup plus complet entre le Maghreb et l'Europe, avec les différents financements, c'est toute cette architecture financière pour la coopération qu'il faut penser, et j'aimerais que ce soit à l'ordre du jour.

Étienne Guyon :

Merci beaucoup, c'était très riche. J'ai noté effectivement le fait qu'il faut avoir le courage de faire un financement différencié et, pour cela, il faut avoir le courage d'avoir de véritables évaluations, sans lesquelles, finalement, ce sera du saupoudrage et l'on ne fera jamais rien. Il me semble que c'est un point qu'il faut oser dire bien que cela ne fasse pas plaisir à tout le monde.

Annick Suzor-Weiner :

Parmi les messages que j'aimerais voir passer, l'un concerne l'importance de la liaison formation-recherche, comme l'ont dit mes collègues Guy Taieb et Zohra Ben Lakdhar (de Tunis). Les difficultés pour financer cette liaison sont très regrettables et proviennent en partie des structures des ministères, que ce soit chez nous ou de l'autre côté, où l'on a d'un côté la recherche et de l'autre l'enseignement. Même à l'intérieur de notre ministère des Affaires étrangères, les partenariats au niveau DEA relèvent d'une autre direction que la recherche. Je trouve qu'il y a trop de dichotomie : on a beau créer de beaux laboratoires avec du matériel, s'il n'y a pas les jeunes... Je pense qu'un partenariat en amont est nécessaire pour aller jusqu'à la recherche. En France, il y a quand même un mouvement dans l'air, pour plus d'autonomie des moyens

de collaboration des universités. Un Conseil national pour l'accueil des étudiants étrangers vient d'être créé, suite au rapport Élie Cohen, pour donner directement des outils de coopération aux universités : on en a un peu assez d'être infantilisés et que tout doit passer par des circuits compliqués ; ça monte, ça redescend et parfois d'ailleurs, ça ne redescend pas... On voudrait pouvoir mener un peu une politique de terrain, qui demande plus d'autonomie. Nous sommes à un moment de prise de conscience pour devenir plus opérationnel.

Étienne Guyon :

Dans le cadre de cette autonomie, il a été proposé que des universitaires français puissent faire une partie de leur service dans le cadre d'une collaboration dans les pays avec lesquels la collaboration est entretenue. C'est quelque chose de terriblement concret qui sera très utile, avec un suivi.

Quelqu'un dans le public :

Il y a un point qui n'a pas été évoqué et qui concerne la question des obstacles éventuels à la liberté de circulation des personnes. Il me semble que c'est un point sur lequel on doit intervenir. Je dois vous dire que j'ai été choqué par le fait que le ministère des Affaires étrangères n'ait pas accordé à certaines personnes le visa pour venir ici.

Oum Kalthoum Ben Hassine (professeur à la faculté des sciences de Tunis) :

Il y a un point qui n'a pas été soulevé, c'est l'évaluation de ce partenariat. S'agit-il, dans tous les cas, d'un véritable partenariat ? Je crois que, dans beaucoup de cas, il n'en est pas ainsi. Pour moi, c'est surtout envoyer des étudiants, donc de la main-d'œuvre hautement qualifiée, qui font du travail contre un équipement qui n'existe pas dans nos laboratoires et, en retour, les étudiants laissent leur cahier de manipulation et les résultats à leur patron et associent à leur publication les noms de personnes qui n'ont rien à voir avec ce travail.

M. Chefchaoui (Institut national des postes et télécommunications, Rabat) :

Je voulais revenir à cet aspect formation-recherche où justement nous avons des difficultés aujourd'hui à faire admettre à nos ministères respectifs que la formation est une partie très importante dans la recherche. Aujourd'hui, nous sommes en train de monter un projet fédérateur et, ce qui est intéressant, c'est que ce projet est fait par une école d'ingénieurs et par une université, en l'occurrence la faculté des sciences de Rabat et l'INPT ; l'école d'ingénieur apporte la partie ingénierie de formation, et la faculté apporte toute la partie recherche que nous n'avons pas. Mais nous avons des difficultés à faire admettre au Ministère que la formation est importante. Nous ne pouvons pas avoir un projet valable si l'on n'a pas engagé une stratégie nationale de formation de nos thésards, et on a cette difficulté parce que le financement donné est pour la recherche, mais on leur dit que c'est global.

Étienne Guyon :

Je crois que c'est vital. On a constaté souvent chez les étudiants qui venaient en France pour faire un DEA qu'ils n'avaient jamais fait de travaux pratiques ni d'expériences concrètes, c'est pour cette raison que cela me semble très important.

Abdeslam Hoummada (université Hassan 2, Casablanca) :

Je voudrais revenir sur le point des étudiants qui partent en post-doc et qui restent après. Je donne un exemple et un chiffre très simple. Au Maroc, 800 thèses de doctorat sont soutenues par an, dont presque 50 % en sciences exactes et ingénierie. Je pense que le système, qu'il soit d'enseignement, de recherche ou autres, ne peut pas embaucher 800 docteurs par an. Donc, il faut manipuler ces chiffres et ces grandes idées d'une manière très prudente. La recherche, l'enseignement et la formation ont un but bien déterminé. Ce qui se passe après, certes, est une préoccupation majeure de l'enseignant et du système éducatif mais il ne faut pas que cela bloque un système. Nous avons essayé de faire passer un DEA sur deux ans et on a commencé à avoir une chute du nombre d'étudiants en troisième cycle, qui ne s'est pas accentuée maintenant. On est passé de 15 000 à 14 300 en deux ou trois ans et je pense alors qu'il faut faire très attention. Aussi, quand on parle de recherches faites sur des domaines à l'extérieur, je donne un exemple très simple : le CERN. Combien y-a-t-il de permanents et de pays ? Il n'y a pas que la Suisse. Il y a 6 000 physiciens qui passent par an au CERN, venant du Japon, des États-Unis, de Russie, donc il faut voir le problème ailleurs. Je pense que, tant qu'on n'a pas de centres régionaux où les équipements lourds peuvent être installés, on ne pourra pas fixer les compétences scientifiques. Les gens cherchent une reconnaissance scientifique, cherchent à faire fructifier le savoir qu'ils ont acquis durant leurs années de formation.

Mohamed Jaoua :

Vous disiez qu'au Maroc, il y avait 800 docteurs formés par an et que l'université ne peut pas les absorber. L'absurdité, c'est qu'en Tunisie, il y a 1 200 postes à l'université chaque année et que nous n'en formons que 300-400, et que, dans ce grand Maghreb que nous construisons, nous ne pouvons pas recruter de Marocains.

Étienne Guyon :

Est-il évident que tous les docteurs doivent devenir des universitaires ? Je n'en suis pas convaincu. Il faudrait justement que les formations doctorales aident à préparer les

docteurs à d'autres métiers auxquels peut mener la qualification par la recherche.

Étienne Guyon

ENS - 45, rue d'Ulm - 75230 Paris - France
guyon@canoe.ens.fr

Annick Suzor-Weiner

Laboratoire de Photophysique - 91405 Orsay - France
annick.suzor-weiner@ppm.u-psud.fr

Mohamed Amara

IPRA-LMA - BP 1155 - 64013 Pau - France
mohamed.amara@univ-pau.fr

Naceur Ammar

ESC - 2083 L'Ariana - Tunis - Tunisie
naceur.ammar@supcom.mu.tn

Sami Bayouhd

INSAT de Tunis - BP 676 - 1080 Tunis Cedex - Tunisie
sambaytn@yahoo.fr

Said Bouarab

Département de physique - Faculté des sciences - Université Mouloud Mammeri - 15000 Tizi-Ouzou - Algérie
sbouarab@yahoo.fr

Mohamed Jaoua

ENIT - 1002 Tunis Belvédère - Tunisie
mohamed.jaoua@enit.rnu.tn

Mourad Khelladi

Résidence Chabani - Bt B3 - Apt 6 VAL - Alger - Algérie
mourad.khelladi@environnement-dz.org

Laila Mandi

Faculté des sciences Semlalia - Boulevard Moulay Abdellah - BP 2390 - 40000 Marrakech - Maroc
mandi@ucam.ac.ma

Georges Michălesco

IUT de Cachan - BP 140 - 94234 Cachan Cedex - France

Khalid Najib

ENIM - Avenue Hadj A. Cherkaoui - BP 753 - Rabat Agdal - Maroc
najib@enim.ac.ma

Taoufik Ouazzani Chahdi

EST de Fès - Fès - Maroc
t.ouazzani@fesnet.net.ma

Guy Taieb

Université de Paris-Sud - Bât. 210 - 91405 Orsay - France
guy.taieb@ppm.u-psud.fr

Said Bouarab

Département de physique, faculté des sciences, université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie

Les problèmes que vivent la majorité des universités algériennes sont liés essentiellement au départ massif d'un grand nombre d'enseignants-chercheurs vers les pays du Nord (au sens large). Nos universités souffrent d'un manque de formateurs de haut niveau qui puissent assurer la formation de nouveaux cadres. Actuellement, les étudiants de magistère (futurs docteurs et futurs cadres) ne bénéficient pas d'une formation de qualité. Les enseignants-chercheurs qui ont la charge de les encadrer n'ont presque pas de contact avec leurs collègues des pays du Nord (collaborations scientifiques, séminaires, colloques...).

Afin de combler ce déficit de cadres de haut niveau et de parvenir à constituer des équipes de recherche plus ou moins autonomes et aptes à intégrer de nouveaux chercheurs, nous souhaitons faire quelques propositions de nature à faire bénéficier nos universités d'un réinvestissement des compétences d'enseignants-chercheurs, non seulement algériens installés dans les pays du Nord, mais aussi européens.

Les moyens matériels mis à la disposition de la recherche par l'État algérien, bien que prometteurs et en nette croissance depuis trois ans, ne peuvent à eux seuls promouvoir une recherche et une formation de haut niveau. Les propositions suivantes pourraient y contribuer :

- organisation de cours bloqués (1 à 2 semaines) dispensés par des enseignants-chercheurs des pays du Nord aux étudiants de première année de magistère ;
- formation de doctorants par des codirections de thèses de doctorat qui soient reconnues par les deux parties ;

- encourager les accords-programmes universitaires de type CMEP (Comité mixte d'évaluation et de prospection) qui sont bien adaptés à la formation de jeunes chercheurs et à la promotion des enseignants en place. Ces accords aident aussi à la constitution d'équipes de recherche dans les pays du Sud ;
- promouvoir des échanges interuniversitaires entre les enseignants-chercheurs des deux rives de la Méditerranée avec un flux Nord-Sud plus important ;
- les thèmes de recherche doivent rentrer dans un cadre d'intérêt commun pour stimuler les deux parties. Les universitaires des pays du Sud doivent impérativement faire de gros efforts pour «prendre en marche le train des compétences» ;
- faire une évaluation et un bilan sans complaisance du travail accompli dans le cadre des partenariats universitaires. L'émergence des compétences doit être encouragée ;
- alléger, dans un premier temps, les contraintes de circulation des enseignants-chercheurs entre les deux rives de la Méditerranée, pour arriver à plus long terme à une libre circulation.

Said Bouarab

Département de physique - Faculté des sciences - Université Mouloud Mammeri - 15000 Tizi-Ouzou - Algérie
sbouarab@yahoo.fr

Contribution à l'identification de la situation dans l'Université marocaine en vue du développement d'un partenariat méditerranéen

Khalid Najib

Professeur de mathématiques appliquées, École nationale de l'industrie minérale (ENIM), Rabat, Maroc

L'Université marocaine se trouve, en ce début du troisième millénaire, à la croisée des chemins. Si elle comptait 1 000 étudiants en 1956, elle est passée à 13 000 en 1971, pour dépasser les 200 000 étudiants aujourd'hui. La crise économique qu'a connue notre pays à la fin des années soixante-dix, couplée avec l'explosion de l'effectif des étudiants, a fait connaître au pays une crise sociale marquée par le chômage des diplômés. La nécessité de faire face à cette difficulté et d'adapter la formation universitaire aux aléas du marché du travail doit être accompagnée de la poursuite de l'effort entrepris depuis des années pour permettre l'accès à l'université à un nombre

plus important de jeunes Marocains, effort nécessaire au regard de la généralisation de l'enseignement fondamental et de l'aspiration de notre pays vers le développement.

Cela place notre université devant d'énormes défis, qu'elle se doit de relever : celui de la mise à niveau de sa recherche, dictée par la situation de la recherche à l'échelle internationale et son imbrication dans le monde de l'économie et des finances, celui de la nécessité de «coller» à la réalité du pays en préparant les lauréats à l'intégration économique et citoyenne au sein de la société, et celui d'une gestion rigoureuse, rationnelle et

démocratique des ressources tant matérielles qu'humaines mises à la disposition de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique.

Une telle situation impose à tout projet d'action pédagogique de répondre, d'une part aux attentes des étudiants par une offre diversifiée et concertée dans l'université, et d'autre part aux exigences du développement économique régional et national. Dans ce cadre, l'insertion professionnelle des diplômés de notre université et le suivi des débouchés constituent une tâche essentielle. Cela nécessite la définition d'une nouvelle démarche pédagogique dans la formation et de nouvelles orientations prioritaires dans la recherche scientifique. Cette nouvelle démarche doit cultiver l'initiative et la démarche personnelle, et donner à chaque étudiant accès à l'imagination, à l'audace, au goût du risque, à la souplesse, à l'esprit critique, à l'humilité, et donc à l'intégration efficace dans la vie active, voire même à la création de nouvelles activités.

Les axes de recherche doivent s'inscrire dans une perspective d'excellence mais également d'ouverture vers notre environnement socio-économique afin de promouvoir une culture de partenariat. Le succès de l'université dans sa nouvelle tâche n'est possible que si elle arrive à intégrer les problèmes de la formation et de la recherche dans leur dimension locale, nationale et internationale.

La science étant internationale par excellence, être à la page dans un domaine de la connaissance scientifique n'est pas possible sans une collaboration entre les différents laboratoires et équipes de recherche qui ont fait preuve d'une grande compétence en la matière. Le cadre méditerranéen peut offrir d'énormes possibilités pour le succès de l'université marocaine :

- collaboration pour la mise au point des nouveaux programmes ;

- stages dans des entreprises méditerranéennes du Nord pour les élèves ingénieurs des écoles de la Méditerranée du Sud, car le tissu industriel au Sud est moins important ;
- identification collective de projets innovants ;
- soutien à la recherche par la mise au point de cotutelle de thèse pour dynamiser les laboratoires existants au Sud et garantir au diplôme une qualité internationale, et par l'organisation de congrès internationaux dans les pays du Sud.

Les limites objectives à de telles ambitions sont multiples :

- les économies ne sont pas complémentaires et le transfert de technologie approche la caricature : le seul domaine « cédé » aux économies du Sud est celui de la sous-traitance ;
- si les ensembles du Nord connaissent une certaine cohésion grâce à la construction européenne, le Maghreb est encore loin du compte ;
- l'Europe est toujours préoccupée par la construction européenne : les pays de l'Est européen intéressent plus les investisseurs que les pays du Maghreb, et leurs universités s'avèrent plus performantes ;
- la fuite des cerveaux, attirés par les pays développés et due aussi à l'étroitesse du marché du travail, prive les pays du Sud de moyens durables, et l'université du Sud de cadres compétents.

Khalid Najib

ENIM - Avenue Hadj A. Cherkaoui - BP 753 - Agdal - Rabat - Maroc
najib@enim.ac.ma

Actions de relations internationales menées par les IUT

Taoufik Ouazzani Chahdi

Directeur de l'École supérieure de technologie (EST) de Fès, Maroc

Georges Michaïlesco

IUT de Cachan

Au fil des années, les IUT ont développé des collaborations avec d'autres établissements de différentes régions du monde, en particulier les pays du Bassin méditerranéen : Tunisie, Maroc, Moyen-Orient.

Deux axes sont plus particulièrement concernés :

- les échanges d'étudiants : stages, formations dans le cadre du DUT, formations post DUT... ; encadrement de chercheurs (thèses en cotutelle) ;
- l'ingénierie pédagogique : aide au montage pédagogique d'établissements similaires à l'IUT ; formation de formateurs, universités d'été.

Toutes les actions sont menées en partenariat avec des organismes publics ou privés, avec des financements français ou internationaux. En voici deux exemples.

Relations avec le Maroc et la Tunisie

Ces collaborations avec les EST du Maroc comportent deux volets :

- *pédagogique* : il s'agit d'aider les EST (équivalent des IUT au Maroc) dans le développement des filières industrielles (accueil de collègues marocains en stages pédagogiques à l'IUT, animation de séminaires

de formation au Maroc, ayant pour but un «transfert de compétences pédagogiques» ;

- *recherche* (dans le cadre d'actions intégrées franco-marocaines). Cela concerne des étudiants en DEA ou en thèse (exemple : deux thèses en cotutelle en CFAO). Des colloques scientifiques sont régulièrement coorganisés (mécanique et productique).

Les actions pédagogiques sont coordonnées par l'IUT consultant, qui agit pour le compte de l'Assemblée de directeurs d'IUT, avec l'ensemble du réseau des IUT. Les financements proviennent essentiellement du MAE (FSP ou FSD).

En Tunisie, toujours dans le cadre d'IUT consultant, des collaborations similaires sont menées avec les ISET (équivalent des IUT en Tunisie).

L'IUT de Cachan a signé, en mai 2001, un accord cadre de partenariat avec le ministère de l'Éducation du Maroc. La collaboration porte sur le processus de réforme globale de l'enseignement technique entreprise par le ministère de l'Éducation du Maroc. Elle se fait en concertation avec l'Inspection générale de l'Éducation nationale. Le principal axe de cette coopération porte sur l'audit des filières de formations existantes, à développer ou à créer, pertinence des niveaux et des spécialités dans le contexte technologique et socioéconomique du pays, expertise des programmes, perspectives de développement...

Mise en place d'universités techniques en Palestine

Différentes étapes ont marqué cette coopération développée par l'université Paris-Sud - IUT de Cachan, depuis 1993, à la demande des autorités palestiniennes.

- 1992-1993 : mise en place politique du projet ;
- 1993-1995 : formation en France (IUT région parisienne) de cadres et d'enseignants palestiniens ;

- 1995-1996 : équipement de centres de ressources (université de Jérusalem, Collège d'ingénierie d'Hébron) et rédaction de programmes (collèges de Deir El Balah et Tulkarem) ;
- 1997-2001: soutien technique à ces établissements, formation des enseignants.

Plusieurs visites de personnalités palestiniennes à Cachan ont eu lieu durant ces années.

L'organisation et la coordination de cette coopération sont assurées :

- en France, par l'IUT de Cachan ;
- sur place, le Service culturel du Consulat de France à Jérusalem.

Le financement du projet provient du ministère des Affaires étrangères (600 k€) et du ministère de l'Éducation nationale (100 k€), ainsi que d'un certain nombre d'entreprises françaises (Bull, Groupe Schneider, Metrix, Europrim, Cofob, Lavoisier...).

Pour faciliter la formation des enseignants, est organisée, chaque année depuis 1997, dans un des pays du Moyen-Orient, une université d'été dans les domaines de l'électronique et de l'informatique industrielle. Ces séminaires pédagogiques réunissent des enseignants de premiers cycles technologiques (90 en 2001) venus des pays du Moyen-Orient (Liban, Syrie, Jordanie, Égypte...).

Le budget de ces universités d'été est de l'ordre 60 k€, la moitié provenant de financements locaux.

Taoufik Ouazzani Chahdi

EST de Fès - Route d'Imouzzer - BP 2427 - Fès - Maroc
t.c.ouazzani@estfes.ac.ma

Georges Michailesco

IUT de Cachan - BP 140 - 94234 Cachan Cedex- France

Coopération Sup'Com-Groupement des écoles des télécommunications : un partenariat gagnant/gagnant

Naceur Ammar

Directeur de Sup'Com de Tunis, Tunisie

Mon témoignage à propos de la coopération initiée depuis quelques années entre l'École supérieure des communications de Tunis «Sup'Com» et les écoles des télécommunications en France, érigées en un groupement baptisé «GET», suivra une démarche empruntée au domaine de la gestion des entreprises et qui se décline : vision, missions, objectifs et stratégie «VMOS».

En matière de **vision**, il convient de rappeler le contexte du démarrage de cette coopération en 1998. À l'épo-

que, Sup'Com venait d'être créée pour contribuer au développement du secteur des technologies de l'information et de la communication en Tunisie. La stratégie du développement du secteur des TIC au cours du 9^e plan quinquennal, qui s'étale de 1997 à 2001, s'articulait autour des axes suivants :

- le renforcement de l'infrastructure des télécommunications ;
- l'élaboration d'un cadre juridique à même d'impulser l'édification de la société de l'information et d'ac-

compagner la libéralisation progressive des activités et des services relevant des TIC ;

- le développement et la mise à niveau des ressources humaines par des actions de formation et de perfectionnement ;
- la diffusion de la culture numérique dans les différentes couches de la société.

Les investissements consentis au cours de ce plan ont permis d'enregistrer un taux de croissance moyen de 17 % par an dans le secteur des TIC, soit près de trois fois le taux de croissance économique. Il va sans dire le rôle important dévolu au secteur, considéré comme moteur de développement économique. Dans ce cadre, la formation d'ingénieurs a bénéficié d'une attention particulière. En effet Sup'Com fut créée en 1998 pour relever l'École supérieure des postes et des télécommunications de Tunis «ESPTT», structure devenue inadéquate eu égard aux grandes ambitions du secteur en matière de formation. Les insuffisances de l'ESPTT se trouvaient au niveau de :

- sa capacité de formation, limitée à 30 ingénieurs diplômés par an, très en deçà des besoins nationaux et complètement insignifiante devant le déficit annoncé en cadres qualifiés dans les TIC dans les pays développés ;
- son taux d'encadrement très faible avec un corps d'à peine 20 enseignants chercheurs permanents ;
- l'inexistence de structures de recherche.

Les **missions** confiées à Sup'Com comme nouvel établissement de l'enseignement supérieur consistent en :

- la formation d'ingénieurs de haut niveau de qualification, aptes à concevoir, réaliser et gérer les réseaux des télécommunications ;
- la formation de managers maîtrisant les systèmes d'information pour les entreprises organisées en réseau ;
- la dynamisation de la recherche et développement pour coller au plus près les innovations technologiques dans un secteur où l'évolution est de plus en plus rapide.

La réalisation de ces missions doit être concrétisée par la mise en œuvre de plusieurs cycles, de formation initiale, de formation continue, de formation qualifiante et de formation à et par la recherche.

Les **objectifs** fixés dès le démarrage de Sup'Com sont très ambitieux dans la mesure où il s'agit en même temps, de répondre à une demande immédiate en matière de formation continue et de formation qualifiante, et d'augmenter progressivement la capacité d'accueil de l'École en matière de formation initiale d'ingénieurs pour la porter à 200 élèves par promotion à l'horizon 2005/2006.

La **stratégie** de développement de l'École repose sur un plan d'action élaboré dès 1998. Les grandes actions sous-jacentes qui sont déjà en chantier, incluent :

- la construction de nouveaux locaux pour l'enseignement et la recherche (environ 13 000 m² couverts) ;
- l'équipement des laboratoires pour les travaux pratiques et personnalisés, et la recherche et développement ;

- la mise à jour continue des plans d'études pour anticiper les nouveaux métiers générés par les mutations technologiques d'une part, et former de véritables acteurs de la société d'information d'autre part ;
- le renforcement du corps d'enseignement et de recherche afin de maintenir, voire améliorer la qualité de l'encadrement.

Si Sup'Com a pu bénéficier au départ de plusieurs atouts, dont une volonté politique forte de la tutelle pour la doter de moyens matériels et humains à la hauteur de ses ambitions, son implantation dans l'environnement de la nouvelle technopole, la «Cité technologique des communications», favorisant la synergie entre la formation, la production et la recherche et développement, et une interaction fructueuse avec les entreprises opérant dans le secteur des TIC, c'est indéniablement son ouverture sur l'international en général et les liens de partenariat établis avec les écoles du GET en particulier, qui ont constitué des facteurs favorables à l'amorce du développement de l'École. Le partenariat Sup'Com-GET est gagnant/gagnant dans la mesure où les intérêts sont convergents. En effet Sup'Com cherche à combler un déficit initial en matière d'enseignants chercheurs d'un côté, et les écoles du GET cherchent des doctorants de qualité pour leurs programmes de recherche de l'autre. La mutualisation des ressources disponibles de part et d'autre a permis de réaliser plusieurs actions en commun, dont on peut citer en particulier :

- la mise en place d'une école doctorale à Sup'Com l'habilitant à délivrer tous les diplômes de 3^e cycle. Cette école vise à former des doctorants en vue d'étoffer le corps enseignant de l'École. Plusieurs thèses en cotutelle sont déjà initiées dans ce cadre ;
- la mise à contribution d'enseignants des écoles du GET dans les programmes de formation. À ce sujet il y a lieu de souligner la présence parmi ces enseignants d'un bon nombre de compatriotes expatriés ;
- la réalisation de plusieurs projets de recherche dans le cadre d'actions intégrées CMCU (ministère des Affaires étrangères), PICS (CNRS), STIC (INRIA). Ces projets ont permis de mettre en place à Sup'Com des équipes disposant d'un niveau international de qualification dans bon nombre de domaines de recherche : les communications numériques, l'électronique, les réseaux et les technologies de traitement de l'information. Ces équipes constituent l'ossature des nouvelles structures de recherche (unités ou laboratoires) à créer ;
- l'échange de programmes et d'expériences pédagogiques et la mise en place d'un accord de double cursus, double diplôme entre Sup'Com et Télécom Paris. Cela a permis, entre autres, à Sup'Com d'appartenir à des réseaux d'institutions d'enseignement et de recherche à l'échelle euroméditerranéenne, et de profiter de la fécondité des échanges tous azimuts au sein de ces réseaux.

À mi-parcours de ce vaste programme, les résultats acquis en 2001/2002 constituent autant d'indicateurs qui prouvent que Sup'Com est sur la bonne voie, en route vers l'excellence et la maîtrise des nouvelles technologies. Parmi ces résultats, il y a lieu d'évoquer :

- le renforcement du corps enseignant, qui compte actuellement 45 enseignants chercheurs permanents dont 7 sont professeurs, maîtres de conférences ou habilités à diriger des recherches ;
- le lancement de 10 thèses en coencadrement ou en cotutelle ;
- l'implication de près de 30 enseignants chercheurs visiteurs par an dans les enseignements du cycle de formation d'ingénieurs et du mastère (ex DEA) ;
- la présence de plus de 10 doctorants, tous anciens élèves de Sup'Com, dans des institutions partenaires ;

- l'émergence de pôles de recherches de pointe à Sup'Com dans des domaines aussi variés que les réseaux mobiles, la sécurisation des réseaux, les communications numériques, l'électronique pour les télécommunications, le traitement d'images et le développement de contenus multimédias interactifs ;
- la participation de Sup'Com à de nombreux projets de coopération en bilatéral ou en multilatéral dans l'espace euroméditerranéen.

Naceur Ammar

ESC - 2083 L'Ariana - Tunis - Tunisie
naceur.ammar@supcom.mu.tn

Sami Bayouhd

Maître assistant, Institut national des sciences appliquées et de technologie de Tunis, Tunisie

Je voudrais témoigner de ma double expérience européenne et tunisienne.

Mon expérience est née dans le cadre d'un projet européen regroupant sept pays, dont la France où j'effectuais alors ma thèse : collaboration, travail d'équipe, participation à des congrès, réunions d'avancement des travaux du projet, et en Tunisie à l'Institut national des sciences appliquées et de technologie. Le potentiel de cet Institut est réel. Il compte plus d'une centaine d'enseignants-chercheurs, docteurs formés pour la plupart dans des universités européennes et possé-

dant un réel savoir-faire dans ses différentes filières de cet Institut. Cependant, on déplore le manque de moyens et les délais très longs du système d'appels d'offre pour l'achat des produits. Ce sont de réelles contraintes pour notre développement et des freins à notre participation à certaines activités scientifiques.

Sami Bayouhd

INSAT de Tunis - BP 676 - 1080 Tunis Cedex - Tunisie
sambaytn@yahoo.fr

Participation des pays du Sud aux programmes de recherche internationaux et européens (SA2)

Président : **Omar Fassi-Fehri**, secrétaire d'État chargé de la recherche scientifique, Maroc

Coordinateur : **Robert Klapisch**, président de l'AFAS

Intervenants : **Claude Détraz**, directeur de la recherche, CERN, Suisse

Abdeslam Houmada, université de Casablanca, Maroc

Maria Kayamanidou, Direction générale de la recherche, Union européenne

Herwig Schopper, président du conseil provisoire de SESAME

Richard West, directeur de la communication de l'*European Southern Observatory* (ESO), Allemagne

Omar Fassi-Fehri :

Je pense que ces journées de réflexion sur la coopération scientifique et les compétences scientifiques s'intègrent parfaitement dans les recommandations du processus de Barcelone même si, à travers le texte que nous avons reçu, on comprend que ce processus semble s'esouffler quelque peu. Je voudrais à cette occasion dire quelques mots concernant la participation du Maroc à un certain nombre de programmes. Sur le plan de la coopération scientifique, le Maroc a développé des axes de coopération bilatérale avec un certain nombre de pays, bien sûr essentiellement avec des pays d'Europe avec lesquels il a toujours eu une tradition de coopération scientifique, comme la France, l'Espagne, le Portugal, la Belgique, la Grande-Bretagne, l'Allemagne, l'Italie, à des degrés et des volumes plus ou moins importants.

Il a aussi développé une coopération multilatérale avec l'Union européenne, en particulier en permettant et en encourageant un certain nombre d'équipes marocaines à participer aux programmes Incodev, Incomed ; il y a au moins 13 établissements universitaires marocains qui participent à ces programmes. Dans le cadre bilatéral, le nombre de projets actuellement en cours dans le domaine de la recherche scientifique s'élève à 330. Certes, au départ, les sujets, les thèmes étaient plus ou moins surtout définis et identifiés par la partie européenne ; aujourd'hui ils sont définis de manière commune en tenant compte également des préoccupations et des priorités identifiées par notre pays. Un grand programme est sur le point de démarrer avec l'Union européenne, il s'agit d'une opération d'évaluation de la recherche scientifique au Maroc. Sur le plan quantitatif, nous arrivons à cerner les données et à avoir une idée du potentiel humain et matériel qui existe, mais sur le plan qualitatif, nous avons voulu, sur notre initiative, mettre en place cette opération d'évaluation dans le cadre d'un accord avec la Commission européenne.

C'est une opération sur laquelle nous comptons beaucoup pour arrêter et pour mieux définir notre stratégie dans le domaine scientifique.

Je voudrais rappeler à cette occasion les paroles de Sa Majesté Mohammed VI, lors de son voyage officiel en France l'an dernier ; le Maroc étant aujourd'hui associé à l'Union européenne dans le cadre de l'accord d'association, Sa Majesté avait déclaré à l'occasion de sa visite officielle dans la capitale française que le Maroc aspire à un statut intermédiaire «qui soit un peu plus que l'association et un peu moins que l'adhésion» ; et dans le cadre de ce statut, le domaine de la recherche scientifique a été retenu et privilégié. La réunion tenue l'an dernier du comité mixte Maroc-Union européenne a insisté sur le développement de la coopération scientifique entre l'Union européenne et le Maroc. Enfin, en septembre 2000, il y a eu une recommandation des ministres de la Recherche d'un certain nombre de pays d'Europe et des pays du sud de la Méditerranée visant à la création d'un espace scientifique euro-méditerranéen.

Je pense donc que ces journées s'inscrivent parfaitement dans le cadre de cette recommandation ; je souhaite aussi à ces travaux tout le succès qu'on en attend.

Claude Détraz (cf planche I):

Je vais vous présenter ce que peut signifier, vu du CERN, un partenariat scientifique en vous disant d'emblée que mon ambition est simplement de vous apporter un témoignage, et peut-être quelques réflexions sur les difficultés que nous avons dû affronter.

S'il existe un paradigme fondateur pour le CERN, c'est celui de la coopération internationale. Le CERN est, par essence, une coopération internationale, ce n'est pas un laboratoire qui aurait développé, parmi ses politiques, le souci d'avoir une coopération internationale, il est né pour ça. Il rassemble 20 pays membres. Les différences entre les membres peuvent être considérables :

ainsi, il existe un rapport de 1 à 150 entre les cotisations des pays membres. Donc toute idée qui verrait le CERN comme un club de pays riches rassemblés pour faire une recherche terriblement coûteuse est une idée fautive. Le CERN a eu d'emblée des ambitions plus fortes et qui peuvent avoir une certaine signification pour notre réunion d'aujourd'hui.

Il a connu trois moments où sa politique de coopération internationale a joué un rôle essentiel.

La première phase correspond à la longue période de la guerre froide et de la coupure de l'Europe en deux. Pendant cette période, le CERN a joué un rôle majeur pour que continue à passer un courant réel entre les deux Europes.

La deuxième phase est intervenue quand il a fallu, à partir du noyau initial (pays du Benelux, Allemagne, France, Royaume-Uni et Italie), étendre cette collaboration vers des pays qui étaient alors moins avancés (Espagne, Portugal, Grèce, par exemple). L'intégration dans le CERN de cette Europe du Sud a accompagné le rythme de leur développement mais elle a été aussi une contribution très forte à ce développement.

La troisième étape est celle qui consiste aujourd'hui à rassembler toute l'Europe, y compris celle du Centre et de l'Est, à la suite de l'effondrement du système soviétique il y a un peu plus de dix ans. Et là encore, sont à l'œuvre ce modèle de coopération internationale et cette force naturelle que possède la science pour offrir un langage commun à des collaborations effectives : la Bulgarie vient de rejoindre le CERN, alors que les pays les plus solides de l'Europe de l'Est comme la Pologne, la Hongrie, la République tchèque, la Slovaquie étaient déjà devenus membres un peu plus tôt. Maintenant, la difficulté que nous avons à affronter consiste à permettre à ces pays de l'Europe de l'Est de participer à part entière aux activités exigeantes de l'Organisation. On voit là comment le CERN a traversé des difficultés historiques et ce que la coopération internationale peut accomplir. Il peut y avoir certains enseignements à en tirer.

Je voudrais mettre en avant une deuxième idée. Une chose doit être évitée, c'est l'esprit de club. On pourrait très bien imaginer que cette organisation de 20 membres, même s'ils sont très différents, ait un fonctionnement extrêmement auto-centré, alors qu'un des grands principes de toute coopération scientifique exige que la science demeure une maison ouverte. On ne demande pas d'abord aux personnes leur passeport, on s'enquiert d'abord de la qualité de leur travail et de leurs ambitions. En même temps, il faut assurer une certaine cohésion politique : construire des appareils coûteux impose de s'engager à très long terme, tout en gardant la porte ouverte à ceux qui souhaitent contribuer aux expériences sans être membres du CERN. Cela donne lieu à des modes de coopération extrêmement diversifiés. Les physiciens qui utilisent les équipements du CERN sont à peu près 6 000. Parmi eux, 4 300 qui viennent des États membres, ce qui implique que 25 à 30 % des utilisateurs ne

viennent pas des États membres : par exemple, l'essentiel de la physique russe des particules élémentaires se fait au CERN, une partie essentielle de la physique canadienne, un nombre important de Japonais et de Chinois sont des utilisateurs réguliers. En revanche, la coopération avec la plupart des pays qui entourent la Méditerranée a des progrès à faire, et c'est une des raisons pour lesquelles nous avons été particulièrement heureux d'être invités ici pour dire que, pour nous, il s'agit là d'une des nouvelles frontières de la coopération scientifique que nous devons aborder avec force et ambition. Cette coopération devrait permettre un développement et un dynamisme qui seraient au bénéfice de tous.

La seule façon de conduire les coopérations d'une manière efficace consiste à disposer non pas d'un modèle rigide, mais de toute une panoplie aussi souple que possible de modes de coopération. Nous ne perdons jamais de vue que nos utilisateurs viennent du monde entier. Les statuts du CERN ont été déposés à l'Unesco à sa création et cela symbolise le caractère que ses fondateurs, qui voyaient loin, ont voulu lui donner. Il faut donc avoir une grande diversité de modes de fonctionnement. Un mode assez fort est à l'œuvre dans les accords de coopération entre le CERN et un certain nombre de pays de la Méditerranée qui, dans les différents détecteurs du futur LHC que nous sommes en train de construire, sont des participants à part entière : ils y travaillent, ils y ont leur place et ils ont des responsabilités.

D'autres exemples sont relatifs aux écoles : le CERN, en liaison avec d'autres pays, organise des écoles, soit de physique des particules, soit de calcul scientifique ou de gestion de données. Nous nous sommes toujours efforcés de réserver des crédits CERN, et d'en obtenir de l'Unesco, pour que des pays du Sud y participent. Chaque année, il y a deux ou trois participants venus des pays du Maghreb, souvent du Maroc. Voilà une voie de contact et de développement qui peut être suivie.

Nous avons aussi tout un système de stagiaires et d'associés pour lesquels nous avons, là aussi, des possibilités d'accueillir des physiciens. C'est sûrement un des domaines dans lesquels on peut progresser. Dans certains cas, des pays s'engagent dans des accords formels de coopération. Ces accords tournent autour d'objets réels, d'objectifs concrets. Par conséquent, cela permet que le flux ne soit pas simplement un flux de main-d'œuvre hautement qualifiée comme certains l'ont parfois déploré ici, des spécialistes qui viendraient faire un petit tour et qui re-disparaîtraient. Ce sont des projets inscrits dans la longue durée, avec des objets concrets à fabriquer et à exploiter. Je crois que cela donne une base plus ferme à la collaboration et nous devons veiller jalousement à ce mode de développement.

Il y a enfin des modes dans lesquels le CERN peut jouer un rôle politique : le CERN, avec le soutien et l'aval de l'Unesco, fait un travail important pour faire revivre une coopération scientifique dans les Balkans. Le fait qu'on puisse y recréer un espace scientifique d'interac-

tions est un objectif méditerranéen important. À travers des écoles, des accords de coopération, on est arrivé à faire bouger les choses. Il y a tout un ensemble d'initiatives à Belgrade, à Zagreb, à Sarajevo, à Sofia et à Bucarest, qui permet, avec des États non membres, de re-développer les bases d'une physique des particules commune.

Un grand nombre de pays interviennent dans un détecteur typique du LHC. On compte qu'environ 60 pays et 1 500 à 2 000 personnes sont impliquées. Cela peut paraître gigantesque et complètement hors de proportions mais, quand ils sont bien gérés et inscrits dans une dynamique collective, de tels projets permettent à tous d'avancer du même pas et à chacun d'y trouver sa place. Chacun des quatre détecteurs (Alice, Atlas, CMS, LHCb) qui équiperont des points de croisement du futur collisionneur LHC, est en soi un monstre de technologie (Atlas a la hauteur d'un immeuble de six étages) et représente un investissement considérable (500 millions de francs suisses pour les plus gros). Gérer de telles aventures implique donc une connivence exceptionnelle de tous les participants. Cela témoigne donc d'une très haute qualité de collaboration internationale, et constitue un acquis et une leçon qui vont bien au delà des limites de la physique des particules.

La science est un lieu collectif de réflexion. Elle offre un langage commun à beaucoup de cultures. C'est probablement le langage qui permet la meilleure compréhension internationale aujourd'hui. C'est un lieu de dialogue, d'échange et d'initiative. La recherche fondamentale, dans ce cadre-là, parce qu'elle est très compétitive, mais très en amont des enjeux technologiques, commerciaux ou politiques, est un terrain d'échange irremplaçable. Certains des pays de l'Est ne paraissent pas capables aujourd'hui de satisfaire aux critères d'entrée dans l'Union européenne, mais le fait de travailler au CERN leur permet de préfigurer les exigences et les modes de coopération qu'ils auront un jour à mettre en place dans un champ plus vaste. En ce sens, les organismes de coopération internationale tels que le CERN ont une responsabilité essentielle. À condition qu'ils le fassent d'une façon non hégémonique, avec beaucoup d'ouverture, une grande compréhension des diversités, ils peuvent être le lieu où un mode de travail coopératif et très avancé peut se mettre en place. Le CERN est déterminé à jouer tout son rôle dans ce sens.

Omar Fassi-Fehri :

Effectivement, la science est un excellent moyen pour promouvoir la coopération entre les différents peuples et les pays, ceci est incontestable.

Richard West - L'ESO et les pays du Sud (cf planche II) :

L'astronomie est un domaine qui nous concerne beaucoup, qui essaie de répondre aux grandes questions de l'humanité. Elle se fait surtout au travers d'observations pour essayer de savoir ce qui se passe autour de nous, quelle est notre position dans cet Univers très

complexe. En même temps, l'astronomie est une science très ancienne, internationale, pluridisciplinaire (physique, mathématique, chimie...). Nous avons aussi un avantage particulier, qui est que tout le monde s'accorde sur le fait qu'il faut savoir mieux ce qui se passe dans l'Univers. De ce fait, nous avons beaucoup de possibilités éducatives, de jolies images impressionnantes, obtenues avec une technologie de pointe. C'est également une science avec des traditions remarquables. Déjà il y a 5 000 ans, en Angleterre, on a investi beaucoup de moyens pour construire un observatoire astronomique, Stonehenge. Plus récemment, au XVI^e siècle, au Danemark, le grand savant Tycho Brahé a été doté de 1,5 % du budget national pendant presque 20 ans.

À notre époque, on conduit les observations en trois endroits :

- sur le site, par exemple en allant sur la lune et les planètes ;
- dans le laboratoire, par exemple en essayant de détecter les ondes gravitationnelles ;
- et surtout, à longue distance, avec les télescopes les plus avancés.

L'ESO, l'organisation européenne de l'astronomie où je travaille, a 40 ans : c'est une « fille » du CERN, née en 1962. Elle compte actuellement 9 pays membres, auxquels va se joindre, dans deux mois, l'Angleterre. Elle dispose de très grands télescopes avec des instruments de pointe, et a des projets importants. Son budget est actuellement d'environ 100 méga-euros par an et se partage entre les pays membres.

Néanmoins, même si nous avons tout l'Univers comme objet de nos études, nous ne sommes pas très grands en comparaison du CERN, environ dix fois plus grand, ou de l'ESA (Agence spatiale européenne), trente-cinq fois plus grande. Mais nous gérons les deux plus grands observatoires du monde, tous les deux installés au Chili. Nous accueillons plus de 600 observateurs/visiteurs par an et nous servons presque toute la communauté astronomique européenne.

Le premier observatoire a été installé à La Silla, il y a plus de 30 ans, avec, autour, un territoire de 800 000 km² le protégeant contre la lumière et la poussière, et nous y avons une dizaine de télescopes. À Paranal nous disposons du télescope le plus moderne, le plus grand et le plus efficace du monde, le *Very Large Telescope* (VLT). Cette installation date de 4 ans, avec quatre télescopes (chacun d'un diamètre de 8,2 m), plus bientôt quatre télescopes mobiles (chacun de 1,8 m) qui donnent la possibilité de les lier dans un interféromètre qui donne des images tellement précises qu'il est en principe possible de voir un astronaute sur la lune. En fait, c'est environ 50 fois mieux que ce que peut faire le télescope spatial. C'est une installation très complexe et coûteuse, qui marche très bien, et, ce qui est le plus important, qui nous donne beaucoup de science de pointe, et aussi des images.

Présentation de quelques images et résultats du VLT (voir planche). La vie des étoiles commence dans les



*VLT à Paranal
ESO PR Photo 43a/99 (8 décembre 1999)*



*La nébuleuse de la Tête de cheval (VLT KUEYEN + FORS 2)
ESO PR Photo C2a/02 (25 janvier 2002)*

© *European Southern Observatory*

galaxies comme notre voie lactée. Les étoiles naissent dans les gros nuages de poussière, puis il se forme des disques autour, et dans ces disques se forment des planètes. Nous savons aussi que cela ne va pas durer éternellement : dans quelques milliards d'années, notre soleil va se gonfler et il n'y aura plus de Terre.

Nous avons fait des observations pour soutenir les missions de l'ESA : nous avons observé une toute petite comète à une distance énorme (l'équivalent d'une balle de golf à 20 000 km dans la nuit) ; nous avons trouvé les plus lourds trous noirs stellaires avec 14 masses solaires dans la voie lactée ; nous avons mesuré la température de l'Univers juste 3 milliards d'années après le big-bang ; nous avons trouvé les premières structures dans l'Univers juste 1,5 milliards d'années après le big-bang ; et finalement nous avons mesuré directement l'âge minimum de l'Univers avec des éléments radioactifs dans une vieille étoile : 14 milliards d'années.

Nous sommes installés au Chili, qui a beaucoup profité de notre installation. Nous employons des techniciens et des astronomes chiliens, nous proposons des coopérations de technologie de recherche, des stages pour les jeunes, des programmes d'éducation, et nous avons un centre où nous accueillons de la recherche chilienne ou venant de toute l'Amérique du Sud. Le Chili a maintenant une infrastructure très forte en astronomie.

Quels sont les points forts qui peuvent être intéressants pour les pays autour de la Méditerranée ?

- les infrastructures sur les sites isolés ;
- la communication des transferts de données ;
- le téléguidage d'instruments complexes éloignés ;
- des archives de données disponibles pour tout le monde ;
- des possibilités de stages pour de jeunes chercheurs et ingénieurs, et nous aurons des bourses.

Je pense aussi, surtout, que nos centres sont des centres d'inspiration où, même si l'on n'y reste pas longtemps, on a des idées.

Actuellement, l'astronomie est très liée à l'astrobiologie, qui est la recherche de la vie dans l'Univers. Il se fait aussi des choses dans les autres disciplines et nous sommes au milieu.

Nous avons deux projets dans l'avenir qui peuvent être intéressants non seulement pour l'astrobiologie mais aussi pour vos pays. Un grand télescope radio (ALMA) pour observer les ondes millimétriques, avec 64 antennes sur un site à 5 000 m, sera installé prochainement au Chili et donnera des moyens incroyables d'observation, par exemple de molécules organiques dans l'Univers. Nous espérons avoir un très grand télescope de 100 m dans peut-être 15 à 20 ans, et il faut lui trouver un site. Nous cherchons actuellement partout dans le monde, aussi dans le Maghreb, les sites les meilleurs pour l'astronomie, là où il n'y a pas de lumière et beaucoup de nuits claires.

Pour terminer, un point me tient à cœur : l'éducation. Nous avons créé une association européenne pour l'édu-

cation en astronomie (EAAE), qui est ouverte aux professeurs d'école, et donc aux professeurs du Maghreb. Avec eux, nous animons des programmes pour faire mieux comprendre aux étudiants et au grand public, quel est notre rôle, le but de l'astronomie. C'est en même temps un effort pour faire comprendre nous-mêmes, notre espace sur terre, pour développer un sentiment qu'il faut absolument garder ce petit espace, ce petit habitat fragile.

Omar Fassi-Fehri :

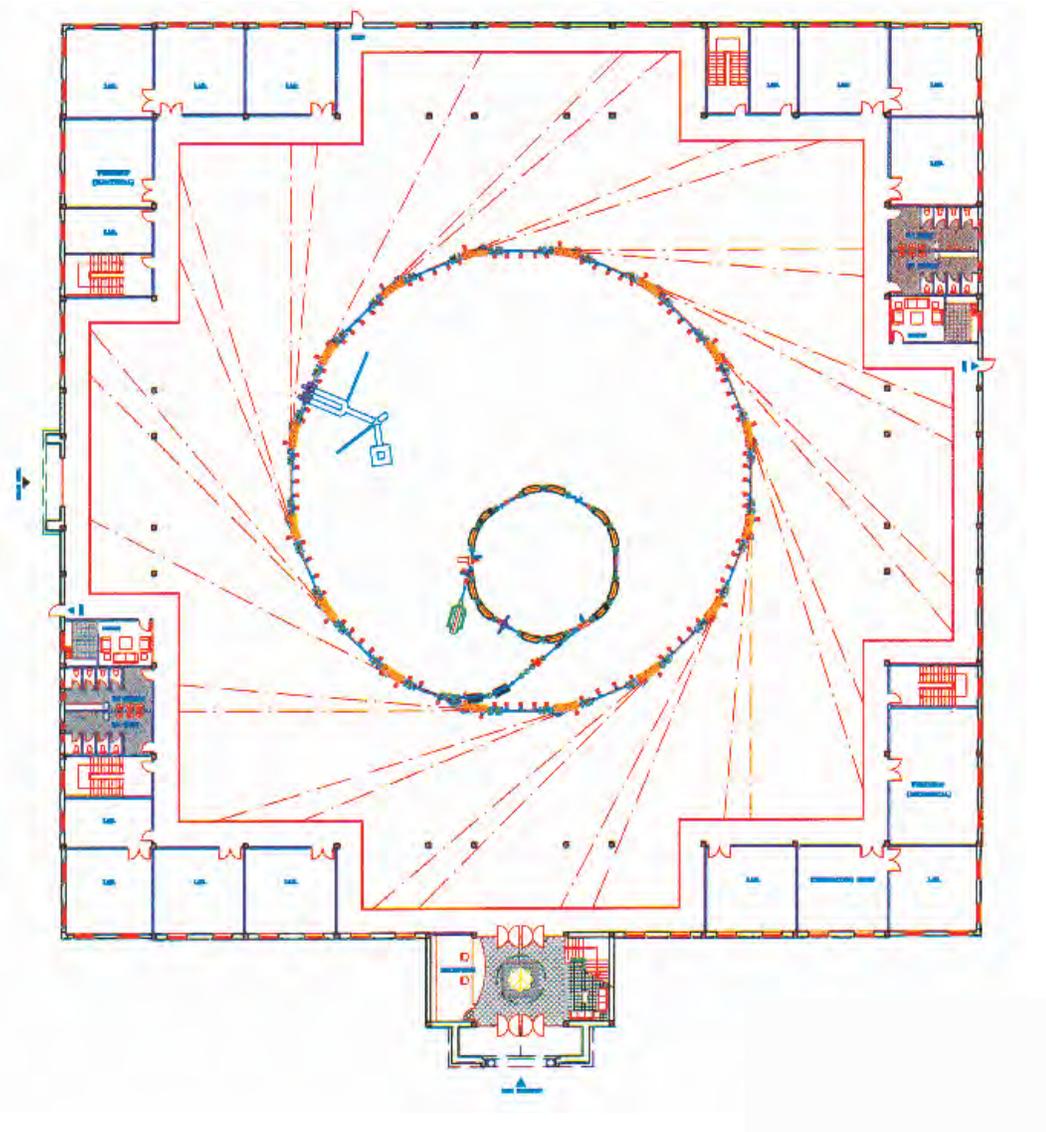
Pour la recherche dans de telles disciplines, où les équipements coûtent très cher, des pays dits riches et développés ont regroupé leurs moyens pour pouvoir faire des recherches et mener les travaux dans ces domaines avec des chances d'obtenir des performances ; je pense donc que la coopération dans ces domaines est essentielle et en particulier, la mise en commun des différents potentiels ; et je ne peux que saluer les résultats scientifiques réalisés grâce au télescope installé au Chili, qui reste un bel exemple de coopération scientifique internationale.

Herwig Schopper - Le projet SESAME (cf planche III) :

Que veut dire SESAME ? *Synchrotron light for Experiments and Applications for the Middle East.*

Middle East, le Moyen-Orient, est défini ici très généreusement car, pour nous, la région inclut aussi le Bassin méditerranéen : elle s'étend du Maroc au Pakistan. SESAME a deux objectifs. D'abord promouvoir les sciences et leur application. À long terme, il est très important pour les pays du Sud de développer une certaine industrialisation, par exemple pour créer des emplois, et ceci ne sera pas possible sans une connaissance de la science et la technologie. Le deuxième objectif, le plus important, est la coopération internationale sous les auspices de l'Unesco. Créer la confiance, améliorer la compréhension parmi les partenaires des différentes traditions, religions, mentalités, et exercer la tolérance sont des objectifs à prendre en compte.

Un projet tel que SESAME donne toutes les possibilités d'exercer ces fonctions. À l'origine de cette initiative, on trouve un projet de collaboration entre les pays arabes et Israël, initié par quelques chercheurs du CERN. L'idée était de créer un centre d'excellence dans la région avec pour instrument principal une source de rayonnement synchrotron utilisant - pour réaliser un projet bon marché - des composants d'une machine arrêtée à Berlin, fin 2000. Nous avons pu convaincre le directeur général de l'Unesco d'inviter les gouvernements de la région à une première réunion en juillet 1999 et il a été décidé de créer un conseil provisoire pour ce projet. Comme on pensait que l'expérience du CERN serait très utile, on m'a demandé de présider ce conseil en tant qu'ancien directeur général du CERN. Aujourd'hui, SESAME comprend de nombreux pays arabes, ainsi qu'Israël, l'Iran, le Maroc. Actuellement, nous sommes en discussion avec l'Arabie Saoudite, et nous serions heureux que l'Algérie et la Tunisie s'associent à ce projet. Il y a également des observateurs qui



SESAME

n'ont pas d'obligation légale mais qui donnent leur soutien au projet dans ses aspects politiques. Par exemple la France et l'Allemagne ont fait ensemble une démarche très importante auprès de l'Union européenne qui va, je crois, aider ce projet. Les États-Unis ont aussi contribué financièrement (100 000 dollars pour des bourses et des ateliers). Le problème était la sélection du site et c'est la Jordanie (près d'Amman) qui a été choisie. Pour ce choix, les éléments essentiels étaient d'abord sa stabilité politique, l'accès libre dans le pays ainsi que la migration dans les autres pays du SESAME pour tous les scientifiques du monde. De plus, la Jordanie a une situation géographique centrale dans la région et elle s'est également engagée pour le financement des bâtiments pour l'accélérateur. Nous avons aussi le soutien de Sa Majesté, Abdulhah II, qui ne se borne pas au domaine politique, mais qui nous permet aussi d'éviter beaucoup d'obstacles bureaucratiques comme les autorisations de construire, etc.

Il y a 9 mois, nous avons recruté le directeur technique, qui a beaucoup d'expérience et qui était responsable de la construction d'une machine de ce type, un accélérateur, à Karlsruhe. Il a proposé de copier par exemple les bâtiments de la machine de Karlsruhe et d'utiliser des éléments de cette machine. Ainsi il sera possible, avec des fonds limités, de construire une machine qui sera très performante et très compétitive, même au niveau mondial. Il y a assez de place pour les faisceaux de rayons X jusqu'à une longueur de 30 m, ce qui est très important par exemple pour la biologie moléculaire.

En ce qui concerne les programmes scientifiques, ils sont très diversifiés, et interdisciplinaires : physique, sciences des matériaux, biologie moléculaire, archéologie, études environnementales, médecine, micromécanique et jusqu'à la criminologie !

Le mot-clé de ce programme est aussi la formation, d'abord la formation pour les scientifiques, et nous avons organisé pendant les deux dernières années plusieurs ateliers sur des thèmes différents. Cette année, il est prévu d'avoir deux ateliers au Maroc sur la biologie et les matériaux et peut-être un séminaire à Amman, financé par le Japon. À la suite de ces ateliers, on a identifié une communauté d'utilisateurs d'environ 350 personnes et, parmi eux, il y a aussi des personnes qui, à l'heure actuelle, travaillent soit en Europe soit aux États-Unis, qui sont prêts à rentrer dans leur pays d'origine. Par ailleurs, nous sommes également soucieux de former de jeunes techniciens et ingénieurs de la région. Parmi 100 candidats, nous avons choisi 20 excellents jeunes experts, avec des bourses financées par différentes organisations, qui pourront passer une année dans un laboratoire européen. À la fin de cette année, tous seront transférés à Amman pour former le noyau d'une équipe opérationnelle pour la machine. Je voudrais mentionner, j'ose le dire même en présence du ministre, que, dans de tels projets, il y a également implicitement une formation d'administrateurs et même de politiciens. Dans les organes d'un tel projet, il faut discuter les problèmes d'une coopération internatio-

nale, il faut prendre des décisions qui impliquent non seulement la politique mais aussi les finances et, être confrontés à de tels problèmes va contribuer peut-être aussi à changer un peu l'esprit des fonctionnaires, des politiciens, et contribuer à une attitude plus favorable à la coopération internationale.

Quelques mots sur les financements : les bâtiments, les terrains et les routes seront financés par la Jordanie. L'obstacle que nous avons à franchir est celui du financement de l'installation et de l'amélioration de la machine. Nous avons fait une demande auprès de l'Union européenne et de l'Agence internationale de l'énergie atomique à Vienne. Il nous manque 8 millions de dollars, c'est beaucoup au départ mais vis-à-vis des sommes qui sont dépensées dans la région, c'est négligeable. Je suis optimiste, je crois que ce n'est pas un problème de crédits mais c'est de convaincre les responsables dans ces organisations que, politiquement, ce projet est intéressant. Il nous faut discuter des coûts d'opération : on nous demande évidemment quelles sont les garanties que le projet va continuer. Nous avons estimé que, lorsque la machine marchera à plein régime, on aura besoin de 4,5 millions de dollars par an, répartis entre 12 à 15 États membres, je crois que ce n'est pas trop difficile.

Le conseil provisoire a trois comités consultatifs : scientifique, technique et formation. Nous sommes en train de réorganiser ces comités parce qu'il est temps que leurs présidents viennent de la région.

Pour finir, SESAME n'existe pas encore légalement. En effet, en automne, on a saisi l'assemblée générale de l'Unesco qui a donné l'approbation de principe mais a délégué la décision définitive à son comité exécutif, car il faut mettre au point quelques détails, et ils ont demandé une étude de faisabilité et la rédaction des statuts, ce qu'on a fait. Je ne doute pas que les statuts soient adoptés par le comité exécutif dans sa prochaine réunion en mai. Ils entreront alors formellement en vigueur, à condition qu'il y ait au moins 6 membres qui les acceptent, et nous espérons que le premier coup de pioche pourra être donné en décembre 2002 et, si tout va bien, la machine sera opérationnelle vers 2006.

Omar Fassi-Fehri :

Je voudrais dire qu'effectivement, lorsque le Maroc a été sollicité, il a pleinement appuyé ce projet et nous pensons qu'il permettra à notre communauté scientifique d'avoir un centre d'excellence pouvant travailler dans de bonnes conditions, dans le cadre de la coopération internationale.

Abdeslam Hoummada :

1. Le système de recherche au Maroc

Mon intervention sera axée principalement sur le renforcement de la dimension internationale de la recherche, et plus particulièrement dans le cas du Maroc. Je pense que, si une recherche n'a pas cette dimension internationale, elle ne peut pas être considérée, de mon point de

vue, comme une recherche scientifique de haut niveau. Au Maroc, il y a une évolution très favorable dans ce sens et je me baserai sur quelques chiffres. Le Maroc dispose d'un potentiel scientifique très bien formé, compétent, d'un âge relativement jeune (moyenne d'âge autour de 40 ans). Le nombre d'étudiants chercheurs en troisième cycle est de l'ordre 14 000, dont 42 % en sciences et techniques. Le nombre de thèses soutenues est de 779 par an. Il faudrait maintenir ce potentiel très riche, et l'on ne pourra le faire qu'à travers la recherche et la coopération internationale. La majorité d'entre nous a été formée dans des pays du Nord ; actuellement, la formation se fait en grande majorité, et pratiquement dans tous les champs disciplinaires, dans notre propre pays. Afin de maintenir et renforcer ce potentiel scientifique de haut niveau, je pense qu'un minimum de coopération internationale et de visites aux centres de recherche étrangers est incontournable. D'autre part, côtoyer d'autres points de vue, d'autres idées et d'autres cultures est toujours enrichissant pour la personne et le pays. Cette communauté scientifique a gardé des liens très forts avec les laboratoires et universités où elle a été formée.

Je dois aussi insister sur un point très important : la politique scientifique au Maroc a pris une ampleur peut-être équivalente à celle de 40 ans d'avant le gouvernement d'alternance. Depuis 1998, il y a eu une augmentation de 133 % de la part du PIB réservée à la recherche scientifique. Nous sommes passés de 0,3 à 0,7 % et ce chiffre est amené à augmenter et l'on peut encore le corriger vers la hausse si l'on tient compte de certaines corrections.

Un autre point très important - qui montre que ce potentiel scientifique est très dynamique et qu'il faudrait maintenir cette dynamique - concerne sa production scientifique. Le Maroc, à l'échelle du continent africain, par sa production scientifique, est classé troisième, avec une nette tendance à la hausse, de l'ordre de 10 % par an.

Nous sommes conscients qu'il faudra du temps pour construire un système de recherche solide, mais il faudra aussi beaucoup d'efforts et de vigilance pour le maintenir au plus haut niveau ; nous avons vu que le système de recherche des pays de l'Est a été complètement désorganisé en moins de trois ans.

D'un point de vue législatif et restructuration au niveau du pays, le gouvernement actuel a créé le Centre national de la recherche scientifique et technique (CNRST) ; il a réservé un fonds pour la recherche scientifique, et pour la première fois au Maroc, nous avons un budget réservé à la recherche. Dans le même sens de cet effort de restructuration et pour fédérer, optimiser et rationaliser l'utilisation des moyens humains et matériels, des structures fédératrices, appelées pôles de compétences ont été mises en place. En 1998-1999, il y avait à peine quatre pôles de compétences, actuellement il y en a quinze, dont le Réseau universitaire de physique de haute énergie (RUPHE) qui participe aux programmes de recherche internationaux ATLAS et SESAME.

Ces pôles ont donné beaucoup de satisfaction du côté des enseignants-chercheurs et du côté des autorités de tutelle.

2. *Coopération internationale : convention Maroc-CERN*

Un autre point sur lequel je voudrais insister concerne la convention de coopération scientifique signée en 1997 entre le Maroc et le CERN ; mise à part l'Afrique du Sud, cette convention est la première avec un pays africain et arabe. Une première évaluation du bilan de cette convention à travers la participation à l'expérience ATLAS a eu lieu le 31 janvier 2002. Les collaborateurs et les scientifiques qui ont évalué ce programme et cette participation marocaine sont largement satisfaits, et le bilan est largement positif tant au niveau du travail expérimental réalisé au Maroc et au CERN qu'au niveau de la formation de jeunes chercheurs et de notre production scientifique. Le Maroc est aussi membre du projet SESAME ; le Réseau universitaire de physique des hautes énergies participe activement à la mise en place de ce projet, qui regroupe plusieurs pays du Moyen-Orient et des deux rives de la Méditerranée.

Un dernier point est la mission européenne pour l'évaluation du système de recherche scientifique et technique au Maroc. Cette mission est très importante pour nous, enseignants-chercheurs, car elle permettra de définir les meilleures conditions de recevabilité des programmes de recherche et de coopération, d'avoir les éléments nécessaires pour définir une politique de recherche réaliste, des objectifs bien clairs et la meilleure stratégie pour les atteindre.

3. *Le Maroc dans ATLAS*

Maintenant, si vous le permettez, je voudrais donner un bref aperçu sur cette participation au CERN et principalement à l'expérience ATLAS. Cette expérience regroupe trente-trois pays, 1 700 physiciens de 148 institutions et laboratoires. Cette collaboration scientifique planétaire met en commun des pays qui sont parfois totalement opposés politiquement. À titre d'exemple, l'Arménie et l'Azerbaïdjan travaillent sur la même partie de cette expérience et sur le même sous-détecteur. L'expérience ATLAS sera installée auprès de l'accélérateur LHC (*Large Hadron Collider*) ; ce détecteur fera 28 m de haut sur 50 m de long, 6 000 tonnes de matériaux et une herméticité qui permettra de détecter toutes les particules au milieu du détecteur et au point de la collision.

Le Maroc est le seul pays africain et arabe qui en est membre. Il participe officiellement depuis 1996 mais officieusement depuis le début des années quatre-vingt-dix. Le Maroc est représenté par cinq universités, le Centre national de l'énergie des sciences et techniques nucléaires et deux écoles nationales supérieures. Le nombre de physiciens qui travaillent à plus de 75 % de leur temps sur ce projet est de 15. Nous avons en permanence 10 étudiants, un ingénieur et deux techniciens.

Cette participation marocaine à un programme international avec 15 physiciens sur les 1 700 du projet est bien visible et claire. En effet, une partie d'un sous-détecteur d'ATLAS est construite et validée au Maroc. Le CERN tient, dans ses collaborations, à ce que chaque pays, selon son expérience, son dynamisme, puisse réaliser, soit par les laboratoires, soit par l'industrie locale, une partie des équipements. Ce partage des réalisations techniques tient compte des compétences de chaque pays participant, de sa technologie et de l'industrie dont il dispose.

Au Maroc, nous sommes chargés de la qualification de 50 000 anodes multi-couches. Cette qualification exige la maîtrise de plusieurs techniques de pointe telles que :

- la micro-électronique ;
- l'informatique ;
- les tests de tenue de haute tension longue durée ;
- les tests mécaniques ;
- les tests électriques.

Le détail de cette activité est disponible sur le site web du CERN (<http://www.cern.ch>) ou sur le site du RUPHE (<http://194.204.224.148/ruphe.htm>).

En étroite collaboration avec l'Institut des sciences nucléaires de Grenoble et le Royal Institute of Technology de Stockholm, les électrodes sont assemblées sous forme de secteurs et envoyés au CERN pour les tests sous faisceau.

L'autre activité au sein de cette collaboration concerne principalement les faisceaux-tests car, une fois le détecteur construit, il faut le tester ; chaque été nous passons en moyenne trois mois à faire des expériences auprès du système d'accélérateurs du CERN. L'analyse des données est faite en grande partie au Maroc, mais avec une bonne liaison électronique entre le Maroc et la France, on pourrait faire toute l'analyse des données localement. D'autre part, vu les moyens humains dont on dispose, je pense que la mise en place d'un centre de calcul régional permettrait de mettre à disposition de toute la communauté scientifique marocaine ces données ou les logiciels et bibliothèques informatiques existantes ou en cours de développement.

Une autre activité très importante concerne l'élaboration des futurs programmes de simulation et d'analyses. Il est à noter que le volume de données attendu dans cette expérience sera équivalent au volume du réseau de télécommunications mondial. Dans cette cacophonie, il faudra sortir une physique, ce qui nécessite de nouvelles technologies, c'est-à-dire une électronique nouvelle, une informatique nouvelle, une analyse de données nouvelle. Nous travaillons à la limite des technologies existantes, et dans plusieurs problèmes auxquels le projet ATLAS est confronté, il faudra une technologie plus avancée.

Cette année, nous avons organisé la première école franco-maghrébine d'informatique, avec l'IN2P3, l'INPT de Rabat, l'ENSIAS de Rabat, le Réseau universitaire de physique des hautes énergies, le CNI de Tunisie et des collègues d'Algérie.

L'étude par simulation de certains canaux physiques, a été entreprise avec nos collaborateurs français et canadiens ; toute une physique nouvelle sera probablement découverte par l'expérience ATLAS.

Nous avons également une participation très active au niveau de l'électronique cryogénique, c'est-à-dire une électronique qui marche à des températures très faibles, à l'argon liquide et à bas bruit.

Nous sommes chargés de construire environ 560 détecteurs, qui seront assemblés sous forme de secteurs et chaque secteur représente 1/32° du détecteur final.

4. Perspectives d'amélioration et recommandations

Nous sommes en cours de constitution d'un groupe de recherche internationale (GDRI), regroupant le CERN, les laboratoires de l'IN2P3, le Royal Institute of Technology de Stockholm et le Réseau universitaire de physique des hautes énergies au Maroc. Le projet est pratiquement finalisé et sera soumis à nos autorités de tutelle pour approbation.

Un des points les plus importants qui pourrait nous faire éviter beaucoup de dépenses et de déplacements, serait l'installation d'une ligne spécialisée haut débit entre le centre de calcul de physique nucléaire de l'IN2P3 à Lyon et Casablanca. Le centre de Casablanca, point focal du RUPHE, sera bientôt relié à tous les établissements marocains par un réseau haut débit dont la mise en place est prévue avant la fin de 2002.

D'un point de vue général, quelques recommandations s'imposent si l'on veut améliorer encore la coopération scientifique et technique Nord-Sud. Même avec un réseau électronique très performant et la possibilité de travailler à distance, le contact humain reste primordial. Pour discuter d'une analyse des données, il faut avoir des scientifiques en face ; pour cela il faudra absolument faciliter la libre circulation des scientifiques et surtout des jeunes chercheurs. Nous avons énormément de difficultés à envoyer des jeunes sur des programmes de coopération bilatérale bien définis (PICS, action intégrée) ou une prise en charge par notre propre laboratoire ou par le laboratoire partenaire.

La coopération scientifique et technique ne pourra se concrétiser réellement que par la libre circulation des hommes et des connaissances.

Concernant l'aide technique pour la mise en place de centres de recherche régionaux, on pourrait faciliter la participation des scientifiques en installant des centres de calcul de haut niveau, ouvrir des banques de données pour les pays du Sud. Je pense qu'un meilleur transfert des technologies et du savoir ne peut passer qu'à travers les hommes ; il ne passera jamais sans contact humain.

Maria Kayamanidou - Participation aux programmes de l'Union européenne :

Monsieur le secrétaire d'État, monsieur le président, Mesdames, messieurs,

Cette rencontre intervient à un moment tout à fait opportun. D'une part, nous sommes en pleine période de

démarrage de l'*Espace européen de la recherche* qui est ouvert au monde et tout particulièrement à la région euro-méditerranéenne. D'autre part, nous sommes en pleine préparation du 6^e programme-cadre européen de recherche et, aussi, sur le point de tirer les conclusions de la mise en œuvre de la coopération scientifique euro-méditerranéenne conduite au sein du 5^e programme-cadre qui sera terminé à la fin de 2002.

Le processus de Barcelone, initié en 1995, a profondément renouvelé les objectifs et les modes opératoires de la coopération euro-méditerranéenne. Le programme MEDA s'est d'abord orienté vers les priorités de base dans lesquelles la RDT en tant que telle n'avait qu'une place limitée. Les programmes-cadres, par contre, ont progressivement intégré et renforcé les activités de RDT orientées vers les problèmes spécifiques du développement de la région méditerranéenne. Intégrant d'abord le programme Avicenne, puis traitant des problèmes de la région dans le volet «Recherche pour le développement» du premier programme de coopération internationale (INCO), cette évolution a conduit, dans le 5^e programme-cadre, à un volet dédié à la Méditerranée, INCO-MED, matérialisant ainsi une action particulière, orientée sur les problèmes spécifiques de cette région qui présentent un intérêt mutuel pour les deux parties.

Les priorités thématiques d'INCO (-MED) sont identifiées au cours d'un dialogue politique de science et technologie piloté par le *Comité de suivi* (MoCo). Institué à Barcelone en 1995, le Comité de suivi est composé des représentants de haut niveau des 15 États membres de l'Union, des 12 pays partenaires méditerranéens et de la Commission, également chargée de son secrétariat, tandis que sa présidence est assurée par la présidence de l'Union.

Les priorités thématiques d'INCO-MED sont actuellement (5^e programme-cadre) au nombre de cinq : il s'agit de la gestion intégrée des ressources en eau, la préservation de l'héritage culturel, la santé des populations, la protection du littoral et la contribution de la RDT à la modernisation socio-économique des pays concernés. INCO-MED est, dans son ensemble, doté de 55 millions d'euros pour la période 1998-2002. Un quatrième et dernier appel à propositions est actuellement en cours, où la thématique prioritaire promue s'applique à la gestion intégrée de l'eau de cette région. Sa dotation communautaire s'élève à 16 millions d'euros.

Comme mentionné au tout début de ma présentation, nous sommes en pleine période de préparation des actions à mener au sein de l'Union pour réaliser l'Espace européen de la recherche. Je rappelle qu'en mars 2000, lors du Sommet de Lisbonne, l'Union s'est fixé un nouvel objectif stratégique - et ambitieux - pour la décennie à venir : «devenir l'économie de la connaissance la plus compétitive et la plus dynamique du monde...». Dans cette ligne politique, en juin 2000 à Santa Maria da Feira, le Conseil européen a entériné le concept d'Espace européen de la recherche et a adopté la stratégie commune

de l'Union européenne à l'égard de la région méditerranéenne. Celle-ci demande que la Communauté européenne et ses États membres coordonnent leurs programmes et actions de coopération avec les pays partenaires méditerranéens. Elle implique également que la Commission améliore la coordination de toutes ses activités en faveur des pays partenaires méditerranéens.

Coordination, cohérence et complémentarité sont les maître mots qui doivent inspirer notre action commune pour la réalisation de l'Espace européen de la recherche.

La mise en œuvre de ces engagements politiques requiert donc l'engagement de tous les acteurs, à savoir les collectivités locales, les États membres de l'Union, la Communauté européenne et les pays partenaires méditerranéens eux-mêmes. Chacun de ces partenaires dispose de moyens importants mais, en fait, relativement limités face aux enjeux et aux défis à relever. Il est donc indispensable de rapprocher ces moyens et de leur donner leur pleine efficacité dans une approche cohérente globale, définie en commun. Pour ce faire, chacun doit optimiser ses efforts propres, comme l'a souligné à l'instant le ministre Omar Fassi-Fehri, en mettant l'accent sur la nécessité de coordonner les politiques nationales de RDT entre tous les partenaires concernés par cette coopération.

À ce point, il convient de citer l'excellente initiative du Maroc qui procède actuellement à une évaluation approfondie de sa politique nationale de science et technologie, avec l'aide de la Commission. Les résultats de cette expérience seront présentés et discutés avec les autres pays du Maghreb méditerranéen lors d'une conférence à Rabat en avril 2003 et pourront servir de modèle pour d'autres actions de cette nature tout au tour du Bassin méditerranéen. Le succès de cette opération repose fondamentalement sur la volonté des pays partenaires méditerranéens et leurs efforts pour développer leurs capacités et politiques propres de RDT.

L'instrument communautaire principal pour la mise en œuvre de l'Espace européen de la recherche est le 6^e programme-cadre (2002-2006), actuellement en cours de préparation. 2002 est en effet l'année des décisions législatives afin de permettre son adoption par le Conseil des ministres et le Parlement européen. Le 6^e programme-cadre comporte un volet important de coopération internationale dont la mise en œuvre s'appuie sur le dialogue politique en science et technologie, la coordination des politiques et activités de coopération entre partenaires et la définition commune des priorités scientifiques d'impact régional et d'intérêt mutuel.

Dans sa communication de juin 2001 portant sur «La dimension internationale de l'Espace européen de la recherche», la Commission a présenté les orientations principales de développement de la coopération science et technologie internationale. La Méditerranée, une des régions de toute première importance pour l'Union, fait partie des ensembles régionaux qui bénéficieront d'activités spécifiques de coopération internationale, en particulier dans les secteurs de l'environnement (y compris la

gestion du risque environnemental), de la santé, de la préservation et restauration de l'héritage culturel, de l'agriculture, de la société d'information, de l'énergie.

En résumé, le 6^e programme-cadre offre trois voies distinctes de participation, avec financements communautaires, aux entités de recherche science et technologie des pays partenaires méditerranéens. Tout d'abord, la possibilité de participer aux *sept priorités thématiques* du premier programme spécifique et pour ce faire, une enveloppe financière de l'ordre de 285 millions d'euros sera mise à disposition pour l'ensemble des pays tiers concernés par cette mesure. Les sept priorités thématiques s'appliquent à la génomique, la biotechnologie en matière de santé, les technologies de la société d'information, les nanotechnologies et les nanosciences, l'aéronautique et l'espace, la sécurité et sûreté alimentaire, le développement durable (transports, énergie, changement global et écosystèmes) et la recherche socio-économique. Deux instruments principaux seront utilisés pour la mise en œuvre de ces priorités thématiques, les projets intégrés et les réseaux d'excellence.

Ensuite, des *activités spécifiques de «Coopération internationale»* seront promues pour les pays partenaires méditerranéens au sein de la priorité 8, dotées d'une enveloppe globale de 315 millions d'euros pour les quatre régions concernées. Il s'agit ici de la continuation du programme INCO où la coopération est définie d'un commun accord entre partenaires sur des priorités thématiques d'intérêt mutuel. Pour la région méditerranéenne, la mise en œuvre de cette coopération repose sur les instruments dits «traditionnels», c'est-à-dire les projets communs de recherche, les actions de concertation, les réseaux thématiques et les mesures d'accompagnement. Dans des cas dûment justifiés, il n'est toutefois pas exclu de faire appel aux réseaux d'excellence ou aux projets intégrés.

Pour ce qui est en particulier de la coopération science et technologie euro-méditerranéenne, cinq priorités de coopération ont été d'ores et déjà retenues, à savoir : la gestion intégrée de l'eau où les questions de technologies pour le traitement, l'épuration, le dessalement et la réutilisation des eaux traitées seront de toute première importance, de même que l'utilisation rationnelle des ressources limitées de l'eau dans l'agriculture méditerranéenne ; l'utilisation des *énergies renouvelables* (solaire, éolien, biomasse), surtout dans le cadre de la protection environnementale ; la protection de la *santé*, où les recherches s'appliquent sur certaines maladies infectieuses ou non infectieuses typiques de la région ainsi que sur la coordination de politiques nationales en matière de santé publique ; l'évaluation et la *gestion du risque environnemental*, y compris de l'impact du risque sismique ou industriel sur l'environnement ; et la préservation et restauration de l'*héritage culturel* euro-méditerranéen. Pour la définition de ces priorités thématiques, plusieurs réunions d'experts ont été organisées depuis juin 2001, à Agadir (risque sismique), Bordeaux (risque côtier), Strasbourg (risque industriel et environnemen-

tal), Montpellier (synthèse des réunions d'experts sur la gestion du risque), et d'autres à Marrakech (gestion de l'eau), Athènes (héritage culturel), Tunis (santé) et Nicosie (énergies renouvelables) auront lieu en mai prochain. La réunion de synthèse finale des conclusions de tous ces ateliers d'experts aura lieu à Barcelone en juin prochain où le Comité de suivi adoptera les priorités scientifiques de coopération pour les années à venir.

L'ensemble de cet exercice servira à la Commission tout d'abord, qui, dans le cadre d'un dialogue politique permanent avec les États membres de l'Union et les pays partenaires méditerranéens, doit définir, proposer et mettre en œuvre les activités communautaires nécessaires pour valoriser et, le cas échéant, compléter, les initiatives prises au niveau national, en Europe et dans la zone méditerranéenne. Il servira aussi aux États membres et aux pays partenaires méditerranéens qui ont tout intérêt à mieux concerter et coordonner leurs actions science et technologie nationales et leurs coopérations bilatérales entre eux et avec la Commission.

Finalement, des bourses Marie Curie «internationales» seront dispensées au sein du second programme spécifique «*Structurer l'Espace européen de la recherche*», assorties de facilitations de retour au pays d'origine des chercheurs boursiers concernés. Par ailleurs, des bourses Marie Curie seront également allouées à des scientifiques de la Communauté qui partiront travailler dans des institutions des pays tiers pour une période totale d'un an.

Le lancement des premiers appels à propositions du 6^e programme-cadre, programmé pour la fin de 2002, requiert que le processus décisionnel d'adoption du 6^e programme-cadre, de ses programmes spécifiques et des règles de participation soit accompli dans les délais fixés. Toutefois, les scientifiques qui sont intéressés à participer, avec succès, à ces appels, sont encouragés à se concerter d'ores et déjà avec leurs partenaires afin de convenir des sujets des recherches de leur intérêt et de la structure de la coopération. À cette relation, les appels d'expression d'intérêt, publiés récemment par la Commission, seront sans doute d'une grande aide. En effet, ces appels qui s'appliquent à l'ensemble des activités des sept priorités thématiques sont ouverts aux scientifiques des pays partenaires méditerranéens. De plus amples informations en la matière sont publiées dans la base de données CORDIS de la Commission, où sont également disponibles les formulaires de propositions.

Ici aussi, je ne puis qu'encourager les scientifiques partenaires méditerranéens à concevoir et formuler des projets conjoints de recherche en coopération avec leurs homologues européens leur permettant de mieux exploiter leurs propres expertises et connaissances dans le domaine de la RDT.

Omar Fassi-Fehri :

On ne peut que se féliciter de tous ces programmes qui s'ouvrent sur les pays du sud de la méditerranée, tout ceci va dans le sens de nos souhaits et de nos objectifs.

Quelqu'un dans le public :

J'ai deux remarques. Par rapport au programme MEDA, au Maroc : il n'apparaît pas beaucoup. Quelles en sont les raisons ? Par rapport au projet européen, aujourd'hui, je vous assure que c'est décourageant de remplir une montagne de papiers.

Jean-Yves Hostachy (Institut des sciences nucléaires de Grenoble, ATLAS) :

Je voudrais féliciter nos collègues marocains pour leur magnifique travail auprès d'ATLAS. En fait, ce travail a commencé en 1992 et il a été récemment évalué par les différentes équipes d'ATLAS et je crois que cela prouve qu'une collaboration Nord-Sud peut être un succès, c'est le cas pour ATLAS. Le seul point qui me paraît critique actuellement, c'est l'installation d'une ligne spécialisée haut débit qui pénalise nos collègues marocains. Je voudrais rappeler que le LHC, c'est-à-dire l'accélérateur et ses quatre détecteurs, est situé au CERN où a été inventé le web, qui a été fait spécialement au départ pour les physiciens même si le public s'en est accaparé, avec toutes ses conséquences pour notre monde quotidien, avant même que l'accélérateur fonctionne. Je crois que pour nous c'est un outil indispensable et je voudrais insister pour cette ligne haut débit.

Maria Kayamanidou :

Je vous remercie d'avoir posé ces deux questions parce que c'est une opportunité de clarifier certains faits. Tout d'abord, MEDA et EUMEDIS ne faisant pas partie de la politique communautaire de recherche, leurs modes de gestion respectifs diffèrent considérablement. La promotion de la recherche conjointe est financée par le programme-cadre communautaire de RDT alors que le développement des capacités de recherche est susceptible de recevoir des financements de MEDA. À titre d'exemple, le Maroc a déjà présenté une proposition de financement sur MEDA s'appliquant à l'interconnexion à haut débit de certains instituts de recherche et universités afin de promouvoir la communication et la coordination des équipes scientifiques qui travaillent sur des sujets connexes. EUMEDIS, financé par MEDA, est conditionné par les règles de mise en œuvre et de gestion de cette dernière. Ceci n'a rien à voir avec INCO-MED, qui fait partie intégrante du programme-cadre. La raison pour laquelle la documentation mise à disposition des scientifiques lors des appels «recherche» est abondante, c'est que les règles

et conditions de participation, critères d'évaluation et de sélection, ainsi que les termes contractuels, y sont explicitement présentés. Ceci afin de rendre plus facile le travail des proposant comme des experts évaluateurs de ces propositions, et aussi dans un esprit de transparence et d'équité totale.

Omar Fassi-Fehri :

Concernant les liaisons à haut débit avec les pays européens, un des projets importants dans le domaine de la recherche scientifique au Maroc est la mise en place d'un institut marocain pour l'information scientifique et technique IMIST, et des crédits ont été dégagés pour ce projet (son coût sera de 20 millions d'euros). Le Maroc est accompagné dans ce travail par la France, par les Canadiens. C'est un projet essentiel pour le développement de l'information scientifique. À côté de cela le Maroc a mis en place pour les établissements de recherche et de formation un réseau informatique à haut débit Marwane qui sera relié au réseau européen, en particulier le réseau français RENATER et le réseau européen GEANT, et le réseau anglais. Les prestations fournies par l'IMIST seront aussi à la disposition des entreprises et du monde économique et de la production.

Omar Fassi-Fehri

Rue Idriss Al Akbar - BP 4500 - Rabat - Maroc

Claude Détraz

CERN - 1211 Genève-Meyrin - Suisse
claude.detrax@cern.ch

Abdeslam Hoummada

Université Hassan II Ain Chock - Faculté des sciences
Ain Chock - BP 5366 Maarif - Casablanca - Maroc
abdeslam.hoummada@cern.ch

Maria Kayamanidou

DG 12 - 200, rue de la Loi - 1049 Bruxelles - Belgique
maria.kayamanidou@cec.eu.int

Herwig Schopper

CERN - 1211 Genève-Meyrin - Suisse
herwig.schopper@cern.ch

Richard West

ESO - Karl-Schwarzschild Strasse 2 - 85748 Garching
bei München - Allemagne
r.west@eso.org

Diffusion de la culture scientifique (SA3)

Coordinateur : **Daniel Thoulouze**, Musée des arts et métiers, France

Intervenants : **Luigi Amodio**, Naples, Italie

Marie-Noëlle Favier, Institut de recherche pour le développement (IRD), France

Tahar Gallali, Cité des sciences de Tunis, Tunisie

Isabelle Miard, directrice du CCSTI Provence-Méditerranée, France

Guy Redon, directeur de l'INSET

Yves Lancelot :

Les débats de ce matin étaient centrés sur le partage du savoir. Cet après-midi, nous nous consacrons à la diffusion de la culture scientifique comme véhicule fondamental de civilisation, de tout ce que l'esprit scientifique peut apporter d'humanisme et de partage réel dans des pays qui sont géographiquement riverains, économiquement face à face, et qu'on espère voir évoluer de plus en plus vers une coopération étroite. Cet après-midi, la question de la diffusion de la culture doit être centrée sur ces problèmes. Il s'agit de faire participer la science aux débats de société. Si vous prenez, par exemple, ce qui se passe, d'un côté, à des sommets comme Davos, et de l'autre côté à des réunions comme celle de Porto Alegre, il nous faut bien constater l'absence remarquable de la science dans un débat qui touche pourtant tous les secteurs du développement, et où la pensée et la culture scientifique devraient trouver leur place. Nous entrons dans une phase où la pensée scientifique, avec ce qu'elle apporte d'esprit critique et d'humanisme, devrait se trouver au centre des grandes préoccupations de demain, et pas seulement pour donner un avis d'expert sur des problèmes comme l'environnement ou la santé, mais parce que la pensée scientifique véhicule un message humaniste. Plus elle sera diffusée, et à haut niveau, plus on aura de chances d'aider à résoudre des problèmes politiques majeurs entre les pays du Sud et les pays du Nord. Je pense que si l'on ne réussit pas les contacts, si l'on ne résout pas les conflits, si l'on n'harmonise pas le développement entre le Nord et le Sud, de chaque côté de la Méditerranée, on ne les réussira peut-être nulle part ailleurs.

Daniel Thoulouze :

La diffusion de la culture scientifique me paraît un point extrêmement important, qui dépasse les simples problématiques de recherche et développement. Je crois qu'il faut aller plus loin et parler de diffusion conjointe de la culture scientifique et technologique. Bien souvent, la science inclut la technologie mais elle l'inclut tellement bien qu'elle l'entoure complètement, et la tech-

nologie disparaît. Il faut que, ce soir, dans cette table ronde, on parle de la diffusion de la science et de la technologie parce que l'expression même «culture scientifique et technologique» est, en ce moment, l'objet d'un certain nombre de contestations. Parler d'une «culture scientifique» reconnaît implicitement qu'elle n'est pas admise comme une véritable «culture», ce qu'elle doit être pourtant. On reconnaît aujourd'hui que la diffusion de la science et de la technologie doit devenir un langage commun et un moyen d'expression. C'est donc bien une culture comme une autre, qui doit être reconnue au même titre que les autres, et qui n'a pas à utiliser des processus particuliers pour s'exprimer, et attendre des siècles pour être reconnue et admise.

Les moyens d'intervention, de diffusion de la culture scientifique et technique sont multiples et divers, depuis les nombreuses associations d'éducation populaire, familiales, les associations de jeunes, comme par exemple les «Exposcience», les CCSTI, la Cité des sciences et de l'industrie, à Paris, et les musées. Il faut également inclure les établissements de recherche qui participent aussi beaucoup *a priori*, puisque les universités et les grands organismes de recherche, sont ceux dans lesquels la science «se fait». Nous allons essayer de donner la parole à des représentants de chacun de ces niveaux d'intervention. En plus de tous ces moyens d'intervention, il existe des réseaux entre ces associations d'éducation familiale, populaire, les CCSTI au niveau national et même international. Ces réseaux sont peut-être les premiers liens entre ce qui se fait en France et ce qui se fait dans les pays du Maghreb.

Les publics auxquels nous nous adressons sont diversifiés. Ce sont bien sûr les jeunes avant tout, et le grand public, mais aussi les étudiants parce que les disciplines universitaires, académiques, sont devenues de plus en plus étroites et qu'il manque ce contexte un peu global scientifique et technologique qui fait une culture. Je crois qu'il est important de réfléchir à la culture scientifique dans ce contexte de milieu général et dans une perspective historique, d'élargir les points de vue à d'autres disciplines que la sienne, même si l'analyse

n'est pas approfondie. Cette approche replace le travail des étudiants dans un contexte plus général, et la perspective historique ouvre des portes vers l'innovation. La dynamique de l'évolution de la science et de la technologie reste assez peu enseignée en France, ce qui tend à inhiber un peu l'innovation. S'appuyer sur le passé pour gérer le présent et préparer l'avenir est important, et, là aussi, la culture scientifique peut jouer un rôle essentiel dans le développement de l'innovation, dans les liens avec l'innovation.

Tahar Gallali :

Nous sommes un peu des pionniers. Nous éditons une revue dont un numéro a été dédié aux actes d'un séminaire tenu à Tunis sur «La Méditerranée par la science». On y montre qu'il y aurait environ 650 centres et cités des sciences de par le monde : 300 au Canada et États-Unis, 220 à 230 en Europe, et 120 qui répartis sur l'axe Chine, Inde, Singapour, Malaisie, Australie.

Certains pays font énormément de progrès ou d'efforts aujourd'hui ; c'est vrai en France (au nord de la Loire), de même qu'en Espagne qui est un pays qui réalise beaucoup de choses.

Nous sommes, en Méditerranée, les héritiers d'une histoire commune, d'une grande culture commune, en particulier à une époque où la science faisait partie de la culture. En 1994, on s'est posé la question de savoir si l'on pouvait, au niveau de la Méditerranée, trouver une spécificité, en quelque sorte, pour diffuser la science. Se pose alors une grande question : cela a-t-il un sens de parler de spécificité ou de particularité, pour une science qui est quasi mondiale, qui parle anglais et qui est constamment en renouvellement ? C'est une question qui nous interpelle en ce qui concerne le statut des centres de science, ou du moins des espaces où nous pouvons diffuser la science.

La Cité des sciences de Tunis est un projet national. Nous sommes à Tunis ville, mais le projet est appelé à avoir des actions sur l'ensemble de la Tunisie. Nous avons un objectif, commun à l'ensemble des «centres de science», qui est d'assurer, de diffuser un minimum scientifique, en partant de l'observation suivante : celui qui ne dispose pas aujourd'hui de ce minimum scientifique représente un danger, non seulement pour sa propre vie mais aussi pour les autres. Par exemple, actuellement, à Tunis, nous avons une exposition interactive sur le sida ; celui qui n'a pas un minimum d'information sur le sida est un danger. En dehors de tout le discours qu'on peut véhiculer sur ce que la science peut faire aujourd'hui, dans une perspective presque «bassement utilitaire», il faut disposer de ce minimum scientifique. On a pourtant tendance à l'ignorer comme si c'était un luxe, alors qu'il fait partie impérativement de la culture d'aujourd'hui.

Ce projet n'est pas venu par hasard. Jusqu'en 1987, nous étions sur un volcan au niveau du campus, avec la poussée de la pensée mythique, fondamentaliste, qui se développe en particulier chez les scientifiques, ce qui peut

paraître contradictoire. Chez nous, cette poussée s'est développée dans les classes terminales et, en particulier, en sections mathématiques et sciences expérimentales, puis ensuite dans les campus. Quand M. El Abidine est devenu Président de la République, la première réforme initiée a été de réformer le système éducatif en totalité. Dans la foulée de cette réforme de juillet 1991 est venu un projet, la «Cité des sciences», projet qui n'était pas appelé à remplacer le système éducatif mais à le compléter, le relayer, en disant que la science peut initier à la tolérance. Sur le plan fondamental, c'est un peu ce que nous poursuivons. Nous disons que nous sommes tous pareils et tous différents pour peu qu'on l'explique - pas sur le plan sociologique ou politique mais uniquement sur le plan de la génétique. Nous avons tous besoin, les uns et les autres, de réaliser que nous avons tous le même code génétique mais que chacun a sa propre carte d'identité. Voilà probablement le terrain dans lequel nous nous inscrivons. Au début, nous pensions que c'était un objectif qui nous était un peu spécifique, mais je crois que, même ici, on a besoin, aujourd'hui, de ce type de culture, d'initiation, besoin d'accepter l'autre en essayant déjà de comprendre comment nous sommes faits biologiquement. C'est très prometteur et nous avons beaucoup de jeunes qui acceptent le dialogue, quelle que soit leur orientation politique.

La Cité des sciences s'étend sur 60 000 m², moitié à couvert, moitié en extérieur. Il n'a pas été facile de concevoir un programme pour un centre de sciences, contrairement à beaucoup d'autres centres. Nous avons dû trouver un fil conducteur afin que les personnes circulant dans la Cité puissent aborder, relativiser, apprendre à distinguer «le millimètre du centimètre». Nous y racontons une histoire, en commençant par le commencement, l'histoire de l'Univers avec la place du Système solaire, puis la place de la Terre dans ce système, dans un grand pavillon de l'Univers, doté d'un planétarium ; ce premier thème se situe à l'échelle des milliards d'années. Le deuxième pavillon raconte un peu l'histoire de l'homme ou de l'humanité sur terre (centaines de millions d'années). Le troisième pavillon est très dialectique et est très important pour nous : c'est la place du Tunisien dans l'humanité. Nous avons essayé d'y montrer en quoi les Tunisiens ont pu contribuer à l'accumulation du savoir universel (années, à l'échelle humaine). Nous avons choisi comme fil conducteur l'eau, et en traitant de ce problème de l'eau, nous avons trouvé que ce n'était pas l'histoire du Tunisien mais pratiquement l'histoire de la Méditerranée, car nous avons énormément de points communs. Des pavillons complémentaires sont à explorer : un salon où l'on se met à ses aises, un laboratoire qui s'appelle «Savoir garder le sens de la mesure», par exemple mesurer le poids d'une orange. Nous avons deux médiathèques, pour enfants et adultes, et trois auditoriums, dont un dédié aux enfants. Nous avons également une résidence. Cette expérience, nous essayons de la faire partager à d'autres pays de la Méditerranée.

(Projection de la bande vidéo : la lutte pour le savoir est la condition de toute liberté. Associer étroitement la démocratie et le savoir, c'est la quintessence des principes du 7 novembre et c'est ce nous attendons de l'école en particulier et de la jeunesse en général.)

Le Président de la République, Zine El Abidine Ben Ali, a voulu que l'ère nouvelle soit l'ère où le savoir soit le bien le plus équitablement partagé entre tous les Tunisiens. En réhabilitant les jardins d'Aboufa, la Cité symbolise la continuité historique et la modernité présente et à venir. Autour de ce jardin, la Cité s'organise de part et d'autre d'une passerelle-aqueduc reliant les deux pôles, terre et eau, de l'arboretum au pôle Univers représenté par le planétarium au front du boulevard du 7 novembre. Projet national, la Cité a aussi pour mission d'aller dans les régions pour véhiculer une science accessible et proche de tous. En développant l'esprit scientifique qui, par essence, s'oppose aux idées figées, la Cité est un terrain d'avant-garde pour la pratique du changement et un espace symbole de modernité. Elle se veut un lieu où la raison l'emporte sur le dogme, un lieu d'émancipation où se donne à lire la jonction entre la science et la démocratie. À l'image d'une Tunisie ouverte et tolérante, la Cité constitue un espace d'échanges et de brassage d'idées (*cf* semaine de la science, du 15 au 21 juillet, avec inauguration officielle).

Isabelle Miard :

Je vais vous parler des Centres de culture scientifique, technique et industrielle (CCSTI). Je suis directrice du CCSTI Provence-Méditerranée qui est basé à Marseille. J'ai intitulé mon intervention «Les CCSTI, artisans de la diffusion de la culture scientifique, technique et industrielle». Ce mot *artisan* convient bien pour situer ce que sont ces CCSTI. Ils ont pour mission la médiation des sciences et des technologies, en fait de mettre les sciences et les techniques à la portée du plus grand nombre de nos concitoyens.

Il existe un réseau d'échange des CCSTI, qui s'appelle la «Réunion des CCSTI». C'est une association française qui s'est constituée en 1995 et qui rassemble les directeurs et les présidents d'une trentaine de CCSTI, avec un certain nombre de caractéristiques. Les CCSTI sont plurithématiques et généralistes. Ce sont des centres de ressources régionaux et nationaux, des partenaires directs de tous les laboratoires de recherche français, des lieux permanents de création et d'animation. Ces centres, en étroite partenariat avec les grands établissements de recherche et leurs laboratoires régionaux, développent de multiples actions de partage des sciences et des techniques avec tous les publics. Sur cette base, la Réunion des CCSTI a déposé un label qui reconnaît les centres de culture scientifique plurithématiques, généralistes, centres de ressources, capables de diffuser sur un territoire leurs pratiques et leurs outils, et lieu permanent de création et d'animation. Nous avons signé, il y a un peu moins d'un an, une charte avec le ministère de la Recherche. Pour le moment, la plupart de ces centres ont un statut

associatif. Nous menons une réflexion et envisageons une action au sein de la Réunion des CCSTI, en liaison avec le ministère, pour évoluer vers un autre statut qui serait similaire à celui des Scènes nationales en région.

Il existe une trentaine de centres labélisés, répartis sur l'ensemble du territoire, avec une plus forte représentation au nord de la Loire. Dans le midi, il y a le «Cap sciences» en Aquitaine, «Sciences animation» en Midi-Pyrénées, «La casemate» en Rhône-Alpes, plus quelques petits centres partenaires associés. Il y en a également à Grenoble, Rennes, Orléans, Mulhouse, Poitiers, Ville-neuve-d'Ascq, Montbéliard, en Martinique, à la Réunion et en Guyane.

Que font ces CCSTI, quelles sont leurs manifestations, leurs activités ? Chaque année, les CCSTI créent de nouvelles expositions, en général interactives, et également des expositions de panneaux, des malles, des valises-expositions, des films, des outils multimédia, des animations pour les jeunes. En accompagnement de ces créations, ou lors de programmations autonomes, les CCSTI proposent également des conférences-débats, des cafés des sciences, en général animés par des scientifiques. Il s'agit vraiment là de médiation, qui vise à mettre en contact le public et les producteurs de connaissances. Ils proposent aussi des ateliers animés localement, soit par des animateurs qui font partie de leur équipe, soit par des étudiants recrutés occasionnellement, soit par des enseignants. Ils organisent eux-mêmes la formation de leurs animateurs ou de médiateurs scientifiques, qui vont ensuite diffuser sur d'autres lieux. Très souvent, les CCSTI assurent la coordination régionale de la Fête de la science, qui se déroule sur tout le territoire national, et, pendant une semaine, ils mobilisent les acteurs de la recherche et de la médiation, ce qui permet de sensibiliser tous les publics à la découverte des sciences, des sites scientifiques, des moyens et des outils de la science. Il y a là aussi une volonté du ministère de la Recherche de montrer à nos concitoyens où vont les subsides des chercheurs.

Par rapport à d'autres institutions muséales ou culturelles, le dénominateur commun des activités des CCSTI est de montrer au public les sciences en train de se faire, les technologies actuelles, les applications qui en découlent et leurs impacts sur nos sociétés. Je voudrais insister sur l'une des caractéristiques de ces CCSTI qui est le fonctionnement en réseau. On a parlé d'un réseau national qui est symbolisé par la Réunion des CCSTI, mais il existe d'autres réseaux qui rassemblent les gens qui font de la culture scientifique, en les associant également avec les musées, par exemple l'AMSTI (Association des musées, centres de culture scientifique, technique et industrielle). Il y a des réseaux de services comme l'OCIM (Office de coopération intermusées). Au niveau national nous faisons circuler des outils de médiation comme les expositions, les malles-expositions. Nous pouvons également les prêter ou les louer, et ainsi renouveler les propositions au public. Certains centres développent

également une aire de diffusion plutôt liée à un département, ce qui est important. Il s'agit là de diffuser vraiment l'ensemble des propositions de culture scientifique au niveau d'une région.

Le CCSTI de Provence-Méditerranée, dans le cadre de sa mutation en «Agora des sciences», est engagé dans la mise en place d'un réseau de culture scientifique, technique et industrielle à l'échelon du territoire de Provence-Alpes-Côte d'Azur où il existe une très grande représentation des sciences à travers des musées, des lieux de culture... Ceux-ci, en général, ne sont pas des lieux généralistes, mais plutôt du type musée avec des collections et une vocation thématique affirmée. Notre pari est de mettre en réseau ces différents centres thématiques et de monter avec eux des actions qui permettent d'échanger des ressources, de mutualiser des connaissances, des outils, et favoriser ainsi la diffusion la plus grande possible de la culture scientifique.

Nos créations sont itinérantes et la plupart des Centres de culture scientifique ont un catalogue de ressources, c'est-à-dire une liste d'expositions et d'outils d'assez petite dimension, compatibles avec les surfaces dont nous disposons (entre 50 et 400 m²). Nous les mettons en circulation, soit dans le réseau national, soit à l'échelon régional mais aussi auprès de municipalités, de services culturels, de toutes sortes d'acteurs de plus en plus concernés par la culture scientifique, et nous fournissons l'animation de ces expositions.

Les actions à l'étranger se montent avec le concours du ministère des Affaires étrangères et du ministère de la Recherche. Les plus anciennes datent de 20 ans (Orléans, pionnier). Quelques exemples : le CCSTI Méditerranée a réalisé des expositions à Barcelone, en Poitou-Charentes, et en Louisiane ; le CCSTI de Lille, à Berlin ; le CCTSI région Centre, au Chili, en Grèce, en Amérique centrale. Nous avons eu une coopération assez importante avec le Sénégal sur l'équivalent de la Fête de la Science, «Scientifica», qui se déroule pour la troisième fois cette année.

Actuellement nous développons un recensement des produits itinérants avec le ministère des Affaires étrangères de manière à proposer une sorte de catalogue d'outils pouvant aller à l'étranger. Ce recensement identifie une trentaine d'expositions, de 50 à 300 m², en général interactives. 16 malles et valises-expositions, plus particulièrement liées à l'animation, vont être réalisées, ainsi qu'une quinzaine d'expositions de panneaux et sept produits de type atelier. Ces outils ont tous pour point commun de pouvoir voyager facilement. Toute cette réflexion est en cours et le travail en réseau est extrêmement précieux pour que, justement, l'expérience des CCSTI les plus anciens profite aux CCSTI plus jeunes afin qu'on puisse diffuser de plus en plus cette culture scientifique que le public a besoin de s'approprier davantage.

Daniel Thoulouze :

C'est en fait un appel à la collaboration et au partenariat que vous lancez ici.

Isabelle Miard :

Bien sûr. Notre première mission est de diffuser sur notre territoire régional, mais nous avons aussi, depuis de nombreuses années, une itinérance sur le territoire national, et nous commençons à sortir de nos frontières. On voit qu'il existe une demande, et que nous avons intérêt à échanger ces productions, souvent coûteuses, même s'il s'agit de petites surfaces d'exposition (conception, technicité, comité scientifique...).

Étienne Guyon :

On n'a pas beaucoup parlé de la façon dont les universitaires pourraient contribuer à ces CCSTI régionaux alors que c'est une manière plus simple d'établir une collaboration que lorsqu'on se trouve avec une responsabilité nationale. Je pense que les scientifiques, en particulier les universitaires, peuvent mieux faire et cela peut être valorisant. Parlons de la relation forte entre universitaires et culture scientifique.

Quelqu'un dans le public :

Je représente le pôle universitaire européen de Montpellier et du Languedoc-Roussillon, qui correspond aux trois universités de Montpellier, auxquelles s'ajoutent Agropolis, les organismes de recherche et les écoles. Ce pôle est actuellement porteur d'un projet très fort où coexistent la notion d'éducation aux sciences et la notion de débat science-société. Ce projet, porté par des universitaires, s'inscrit dans le cœur de Montpellier. La faculté de médecine a été la première faculté de médecine d'Europe et, par rapport à nos débats, il est remarquable de constater qu'une des langues d'enseignement de la médecine, au XI^e siècle, à Montpellier, était l'arabe. Il est intéressant d'arriver à s'appuyer, d'une part, sur un patrimoine et, d'autre part, sur les savoirs actuels, en particulier pilotés et mis en place par les universitaires. Il y a là des expériences qui vont au-delà de l'expérimentation d'un chercheur ici ou là, vers la constitution d'une véritable communauté qui met en mouvement une dynamique. Je pense qu'il serait logique d'impulser un réseau autour de la Méditerranée, tout simplement parce qu'il existe un passé, une richesse, des savoirs communs, et peut-être des expériences à partager, ce qui semble plus valorisant que simplement vendre des produits. Si l'on fait le tour de ce Bassin méditerranéen, de grands centres existent déjà, par exemple Barcelone, Grenade, Valence, Marseille, Rome, Florence, Naples.

Daniel Thoulouze :

Il y a une préfiguration d'un réseau autour de la Méditerranée. Quant aux liens entre les universités et les CCSTI, ils sont tout à fait souhaitables.

Quelqu'un dans le public :

Je pense qu'il y a une démultiplication des échanges universitaires entre le Nord et le Sud, en direction du public et des jeunes, qui est très importante dans cette

idée de culture scientifique. Je crois aussi qu'en favorisant les échanges interuniversitaires, on favorise aussi les échanges intercentres de culture scientifique. Il ne faut pas les déconnecter.

Isabelle Miard :

Nous sommes quelques-uns à militer pour que, dans le cadre de la formation des étudiants, il y ait de plus en plus de stages obligatoires de communication scientifique, d'animation scientifique, réalisés au sein d'associations, de lieux, de centres de sciences. Il serait bon de donner ainsi l'occasion, dans les échanges méditerranéens entre tous les pays, d'accueillir des étudiants qui viendraient se frotter au public pour apprendre à partager leur science et favoriser une meilleure appropriation par le public de ces champs scientifiques.

Quelqu'un dans le public :

Peut-on parler de culture scientifique avec un S majuscule, ou bien de spécificités culturelles au sein de la science ? Je dois dire que j'ai été un peu déçu par le film projeté car cette Cité ressemble un peu trop, à mon goût, à la Cité des sciences de la Villette. J'ai une deuxième question à adresser à M. Gallali. J'aimerais que vous nous donniez votre appréciation sur ce que vous avez identifié comme une contradiction entre l'islamisme et la science. Nous avons vu, en Algérie, que les étudiants scientifiques s'avéraient être les plus perméables aux discours et à l'idéologie islamistes.

Khalid Najib (ENIM, Rabat) :

Au Maroc, se développe la mise sur pied d'activités et de culture scientifique au sein des universités, au sein des ateliers. Ce sont des activités parallèles aux activités d'enseignement et de recherche, et ces activités se sont développées à un tel point qu'elles ont atteint un seuil critique. Cela nous a amenés, au niveau des universités où ces activités ont pris de l'ampleur, avec leur semaine scientifique, etc., à demander, dans le cadre d'une coopération avec le Nord, une semaine de culture scientifique au Maroc. C'est en train d'être mis sur pied et la première aura lieu en mars 2003. Elle va ressembler à la Fête des sciences, et nous allons l'appeler le «Printemps des sciences».

Le développement de l'enseignement au Maroc a connu, à un certain moment, une rupture avec l'esprit critique. Tout ce qui est philosophie, histoire des sciences était relégué au second plan, au profit de la technicité. Je pense qu'avec la réforme que nous entamons, une place plus importante est réservée à l'histoire des sciences, surtout qu'au Maroc, nous vivons une dualité entre l'appartenance à une culture arabe et l'enseignement en français. La plupart du temps, certains étudiants identifient cet enseignement scientifique en français à un savoir étranger en dehors de leur histoire, et donc le réfutent en quelque sorte. Ce que nous souhaitons, c'est que les étudiants renouent avec la tradition historique et qu'ils soient attachés aux sciences et à la culture scientifique.

Je pense que la culture scientifique est importante parce que la science est devenue une composante importante du capital. On parle du P^r Charpak, prix Nobel, mais on parle aussi du P^r Charpak, directeur associé à la société de la Hague. Donc, la science faisant partie du capital, nous sommes amenés à une diffusion des sciences pour permettre d'obtenir une science citoyenne, c'est-à-dire que le public, qui est largué, puisse participer aux décisions les plus importantes. Cette démarche va permettre de promouvoir l'économie et la citoyenneté, mais je ne pense pas qu'on puisse développer la science sans développer la démocratie, l'esprit critique et donc l'esprit d'initiative.

Quelqu'un dans le public :

Je fais depuis 25 ans de la formation dans l'industrie pour des gens qui ont été laissés «sur la touche» et qui ont besoin d'une formation de base en sciences pour exercer leur métier. Actuellement je travaille pour la radioactivité et il y a dans ce domaine tout un travail de «vulgarisation des sciences», et le mot *vulgarisation* est vraiment très important. Comment, en effet, choisir un chemin raccourci pour que les gens aient l'intelligence de phénomènes très abstraits ? Je pense que, dans ce que vous avez dit, on touche à une notion fondamentale, que j'appellerai la «connaissance de base de l'honnête homme d'aujourd'hui» : comment peut-il être citoyen pour parler de l'énergie en France ? Nous sommes en plein débat électoral et, quand on écoute la télévision en ce qui concerne le nucléaire, c'est ahurissant, ce qui veut dire que beaucoup de gens ne savent pas comment un atome fonctionne, etc. Si l'on va au Palais de la découverte mais aussi à la Cité des sciences, se pose un problème de pédagogie. On a beaucoup parlé de contenus mais il me paraît très important de savoir comment on peut former des gens pour qu'ils puissent comprendre et transmettre eux-mêmes un savoir. Aujourd'hui, on a besoin d'une connaissance globale de sciences, d'histoire des sciences, d'histoire des religions. On peut dire aussi simplement qu'il faut des animateurs pour le faire et que ces Cités sont des lieux où l'on va pouvoir se rencontrer et réfléchir.

Tahar Gallali :

Chez les Anglo-saxons, les centres de sciences, (on parle même de parcs de distractions), sont gérés pour certains par des non scientifiques, et le fait d'exclure les scientifiques du champ de ces centres n'est pas une bonne chose. D'ailleurs tout le monde révisé cette façon de voir.

À Tunis, le comité scientifique est composé, de manière institutionnelle, par les présidents des universités ; il existe donc un lien au niveau de la gestion. Pour le réseau des animateurs, nous avons un noyau dur incompressible et nous utilisons une base de données faite d'étudiants volontaires.

Concernant la question sur la culture scientifique avec ou sans S majuscule et s'il y a des spécificités, je vais vous citer un exemple à propos de la faculté

de médecine de Montpellier. Si l'on prend la référence d'Avicenne, qui parlait le persan et a écrit dans la langue de son temps, l'arabe, Avicenne est un médecin, un mathématicien, un astronome, un poète et un écrivain. Il a appris les rudiments de mathématiques chez les marchands de légumes en face de chez son père, collecteur d'impôts, qui l'y avait envoyé. Cela veut dire deux choses : on peut être collecteur d'impôts et s'intéresser à la science, et l'on peut être marchand de légumes et savoir calculer. Aujourd'hui, avec l'ultra-spécialisation et surtout la manière dont nous sommes faits, malheureusement, cette culture ou cette approche ne rentre pas encore dans le carcan universitaire.

Effectivement, avant 1987, l'intégrisme fructifiait et ce n'est pas le monopole d'une religion plus qu'une autre. Qu'est-ce qui y a conduit ? Nous sommes tous responsables, y compris vous, de cet état de fait. On faisait alors une sélection très poussée par les mathématiques, et, compte tenu du coefficient accordé, tout le monde faisait l'impasse sur le reste, les humanités. Voilà pourquoi, après 1987, on a réformé le système éducatif. El Abidine Ben Ali a dit que ce serait une réforme inachevée parce que la chose évolue, et qu'au moins il faut essayer de recentrer sur les humanités en pondérant les coefficients. Concernant l'architecture de la Cité des sciences, elle n'a rien à voir avec la Villette : mélange d'archéologie et de moderne, aqueduc d'Adrien... Nous diffusons par exemple dans le planétarium en arabe, en français, en anglais et en allemand. Le problème n'est pas celui de la langue, c'est probablement celui de l'éducation. Les programmes scolaires sont très lourds.

Marie-Noëlle Favier :

L'originalité d'un organisme de recherche, dans ce concert d'activités de culture scientifique et technique, est de disposer d'un vivier de chercheurs qui sont détenteurs d'un certain savoir, de certaines expériences (bien entendu, ils produisent de la science), qu'ils peuvent faire partager en participant au débat sociétal sur les enjeux de la science et sur tous les sujets qui préoccupent la société : la vache folle, les OGM, etc. Nous avons la chance d'avoir, dans nos organismes, beaucoup de scientifiques qui peuvent introduire parfois un peu de rationalité dans ces débats ; c'est là où l'on a tout intérêt à bien garder, me semble-t-il, le concept culturel. Évidemment, ces organismes ont à faire face à des exigences de production et d'évaluation par rapport à d'autres critères, mais tant qu'ils peuvent le faire, c'est l'intérêt des dirigeants de ces organismes que d'inciter leurs chercheurs à le faire. Notre ancien ministre de la Recherche, Hubert Curien, disait souvent : «Il est bon que la science sorte des lieux où elle s'élabore traditionnellement».

Nous menons beaucoup d'opérations en direction des jeunes, dans les pays où nous sommes présents, en particulier dans une quarantaine de pays de la zone tropicale. L'idée est de marier un chercheur avec un groupe de jeunes, qui est en contact direct avec la science en cours

de réalisation, d'élaboration, et avec la dernière actualité de la recherche aussi. Nous avons monté des clubs tels «Sida savoir» au Cameroun, ou «Teigne de la pomme de terre» dans les pays andins, et les jeunes apprennent à connaître l'origine des maladies et à faire diffuser l'information dans la société. Du coup, ils apprennent à communiquer vers un public élargi. À Nouméa, par exemple, nous avons créé un sentier sous-marin et les jeunes ont créé un document plastifié adapté.

Nous avons la chance d'avoir des scientifiques sur le terrain qui disposent de données scientifiques, et l'on sait aujourd'hui que les enseignants recherchent, pour compléter leur enseignement théorique, des exemples concrets de manifestations observées. Ils veulent disposer de données que nous pouvons mettre à disposition des étudiants. Nous avons fait une expérience intéressante à partir de travaux de nos chercheurs qui travaillent sur les paléoclimats, à la recherche de climats anciens dans les Andes, en forant des glaciers. Toutes ces données ont été mises en direct sur le web et sont accessibles aux étudiants et aux enseignants. Ce sont des expériences, avec les outils modernes de communication, qui sont tout à fait originales et qui permettent de donner accès à la science et aux données scientifiques.

Au sujet de la fête de la science, M^{me} Miard a dit qu'il s'agissait de justifier auprès du public les crédits accordés aux scientifiques ; je pense que c'était une visée beaucoup plus large et plus culturelle et non pas instrumentalisée.

Guy Redon :

L'INSET est un mouvement international qui œuvre depuis une quinzaine d'années dans le champ de l'animation scientifique et technique, devenu au fil des dernières années la culture. Il s'adresse aujourd'hui, sur 80 pays et 120 organisations nationales, aux jeunes de 10 à 20 ans pour leur faire pratiquer des activités scientifiques, dans le cadre de clubs scientifiques, de camps scientifiques et des missions qui les accompagnent, d'ateliers scientifiques extrascolaires, de l'ensemble des «Exposcience», défis et concours associés, et de tout un ensemble de festivals des sciences scientifiques. Aujourd'hui, ce réseau s'appuie principalement sur des actions qui se tournent vers la collaboration entre les jeunes, c'est-à-dire la mise en projet commun (avec tous les problèmes de mobilité). Il s'appuie également sur tout ce qui est transfert de compétences et formation, c'est-à-dire la création d'activités là où il n'y en a pas, et la création de structures qui seront à même de les mettre en place avec tous les dispositifs de ressources : ressources matérielles et ressources immatérielles à travers les réseaux informatiques mais aussi au travers du transfert du livre.

Au niveau méditerranéen, l'INSET est organisé en plate-formes (plate-forme Asie, centrée sur les pays arabes ; plate-forme Méditerranée, sur l'Algérie ; plate-forme Amérique, sur le Mexique ; plate-forme Europe, sur la Slovaquie). Il y a un développement de ces mouvements, autonomes ou en partenariat. La Méditerranée doit

dès maintenant se tourner vers l'Afrique. Le travail en direction du développement africain marchera d'autant mieux que la Méditerranée servira de base de développement. Par exemple, les étudiants d'Afrique du Nord venus en France faire leurs études sont retournés dans leur pays, porteurs d'un certain nombre d'actions et de valeurs concernant la culture et l'animation scientifique et technique, et les associations sont extrêmement riches de potentiel de développement, y compris d'une culture générale au retour mais aussi de capacités de fixation de ces personnes dans un domaine culturel, professionnel, social, qui leur permettra d'être des acteurs du développement de leur pays et non pas seulement des agents récupérés de ci, de là. Notre souci est la culture générale, la citoyenneté, l'insertion globale, le développement, etc.

Daniel Thoulouze :

Un musée n'est pas seulement tourné vers le passé, il est aussi tourné vers l'avenir. Les musées doivent être animés et faire un travail orienté vers la culture scientifique et technique et un travail en coopération. Le CNAM, entre autres, va inaugurer la semaine prochaine un musée des

sciences à Alexandrie, réalisé dans le cadre de la Bibliothèque alexandrine.

Daniel Thoulouze

Musée des arts et métiers - 60, rue Réaumur - 75003 Paris - France
thoulouze@cnam.fr

Luigi Amodio

Via Coroglio, 104 - 80124 Napoli - Italie
amodio@cittadellascienza.it

Marie-Noëlle Favier

IRD - 213, rue La Fayette 75480 Paris Cedex 10 - France
favier@paris.ird.fr

Tahar Gallali

Cité des sciences - Avenue du 7 Novembre - 2080 Tunis - Tunisie
gallali.tahar@planet.tn

Isabelle Miard

CCSTI - 55, rue Sylvabelle - 13006 Marseille - France

Guy Redon

INSET

Perspectives de la formation continue (SA4)

Président : **Moncef Ben Saïd**, secrétaire d'État à la Formation professionnelle et à l'Emploi, Tunisie

Coordinatrice : **Laurence Paye-Jeanneney**, administratrice générale du Conservatoire national des arts et métiers (CNAM), France

Intervenant : **Claude Roulet**, Groupe Schlumberger

Moncef Ben Saïd :

À propos du développement de la formation continue et dans le cadre d'une discussion qui porte généralement sur l'apport de la science et du savoir au partenariat, en matière de partage scientifique et technologique à l'échelle euro-méditerranéenne, je suis le représentant d'un pays qui a parié très tôt sur le partenariat euro-méditerranéen dans le cadre du processus Meda. La Tunisie a, en effet, été le premier pays à signer l'accord de partenariat avec l'Union européenne. Je me sens également personnellement impliqué et motivé dans le développement et la réussite de ce processus, pour avoir été, en novembre 1995, parmi les experts de la conférence de Barcelone, qui dit-on, atteint un stade d'essoufflement. C'est avec un peu de peine que je prends connaissance de ce diagnostic, qu'on n'est pas obligé de partager, parce que le pari sur le partenariat entre le Nord et le Sud, entre l'Europe et les pays méditerranéens du Sud, loin d'être un luxe, est une nécessité. Nous l'avons vécu, géré dans cet esprit, et nous comptons continuer à parier sur cet enjeu parce que, face aux nouveaux défis que notre région est en train de connaître en ce début de siècle, le défi qui est supporté par la formidable progression des nouvelles technologies et par le formidable élan de mondialisation des marchés. Ces derniers, non seulement se mondialisent, mais s'accroissent et imposent des adaptations rapides au niveau de tous les systèmes, de tous les pans de l'activité sociale et économique de nos sociétés. Bref, une véritable mutation se dessine pour notre environnement culturel, scientifique, technologique, économique et social, à laquelle, tous, nous avons à nous adapter, chacun bien entendu avec l'intelligence et le génie dont il dispose.

Ce matin, les perspectives de la formation continue ont été ébauchées lors de la première séance, consacrée à la problématique du savoir universitaire et de la recherche scientifique en termes de professionnalisation de l'enseignement et de la formation supérieure. Ce concept n'a pas été débattu mais a été engagé avec une certaine vigueur par le président de la séance, qui se prononçait pour une formation supérieure professionnalisée, disant qu'il était choqué de voir des idées évacuant le principe de la professionnalisation du savoir et de l'enseignement au niveau supérieur.

Professionnalisation signifie que, tout simplement, la sphère et la logique de l'acquisition des connaissances

doivent intégrer le but final de cette acquisition. Il s'agit, pour tous les concernés, à commencer par les jeunes bénéficiaires de cette formation, titulaires de diplômes, à qui se pose un problème d'insertion et d'avenir dès leur sortie de l'université, d'un problème concret auquel l'organisation de la formation et de l'enseignement doit apporter une solution. Bien entendu, elle ne peut pas apporter cette solution toute seule, il faut qu'elle comprenne d'abord que le client de la science et de l'enseignement supérieur est le monde de la production.

Cet après-midi, nous avons à gérer la transition d'une problématique de connaissances, longuement débattue, et brillamment, durant cette journée, à une problématique des compétences, qui reste à développer. La compétence relève du domaine de la production, s'agissant de compétences professionnelles. Le monde de la production est animé par des organisations productives, les entreprises, qui sont les premières institutions à se trouver confrontées au défi de la compétitivité, à l'intégration du rythme accéléré des changements technologiques et au rythme accéléré des perturbations au niveau des marchés. Cet impératif de survie s'exprime en termes de compétitivité dans l'économie. La gestion des entreprises se décline très vite au niveau de la gestion des ressources humaines des entreprises, en termes précisément de stratégie compétitive des ressources humaines. La capacité à identifier les compétences stratégiques, les reconnaître, les mobiliser, à œuvrer pour les mettre à la disposition des employés et à acquérir la compétence globale dont l'entreprise a besoin pour développer une nouvelle stratégie compétitive, impose au monde de la formation et de l'éducation de s'adapter et d'apporter des éléments de réponse à ce problème crucial de survie des entreprises. Voilà un peu le lien, le pont qu'il est important de mettre en évidence entre le monde du savoir et des connaissances (les universités, la recherche, la culture scientifique), d'une part, et le monde de la production, du travail, de la compétitivité, d'autre part. Ces deux mondes doivent entrer dans un dialogue productif dans lequel chaque partie doit trouver son compte. Les concepts d'employabilité et de compétitivité doivent imposer une approche rénovée de la gestion des ressources humaines au niveau des entreprises. L'impératif d'employabilité des jeunes va nous imposer un renouveau de la gestion du savoir et de la gestion de la transmission du savoir et de la compétence dans nos universités, dans

nos écoles et à tous les niveaux de l'acquisition du savoir, des connaissances et des compétences. Voilà les thèmes autour desquels s'articuleront les interventions.

Laurence Paye-Jeanneney :

Vous avez en effet évoqué la nécessité pour nos pays de rapprocher le monde du savoir et le monde de la production. J'ai la chance de diriger un établissement dont c'est la préoccupation essentielle. Le Conservatoire national des arts et métiers (CNAM) est un établissement d'enseignement supérieur mais, de fait, c'est l'université de formation tout au long de la vie qui sert aujourd'hui de référence dans notre pays.

Le Conservatoire a été créé, il y a plus deux siècles, au moment de la Révolution française, par l'abbé Grégoire, qui avait eu la vision de penser qu'il fallait préparer, accompagner nos concitoyens «dans le développement des sciences neuves et utiles» et «éclairer l'ignorance qui ne connaît pas et la pauvreté qui n'a pas les moyens de connaître». Ce fut l'acte fondateur du Conservatoire. C'était une belle mission, elle l'est encore aujourd'hui.

C'est donc un grand établissement d'enseignement supérieur, très original dans son dispositif car c'est avant tout un établissement qui veut former les adultes qui viennent au Conservatoire sans aucune nécessité de diplôme. Il suffit qu'ils soient sortis de la formation initiale, qu'ils soient sur le marché du travail, en activité ou non. Notre objectif, pour les 80 000 auditeurs que nous avons aujourd'hui, est de les accompagner, de répondre à leurs besoins de compétences tout au long de leur vie professionnelle. Aujourd'hui, c'est tout au long de la vie qu'un adulte doit apprendre, perfectionner ses compétences. Ils viennent donc au Conservatoire pour évoluer dans leur métier, en changer, obtenir une promotion, bouger, ou simplement en savoir plus, améliorer leur savoir-faire. C'est un établissement résolument tourné vers des compétences, donc vers des métiers, et notre organisation se veut ouverte, non pas par une organisation uniquement disciplinaire, mais par une organisation par métiers dans tous les champs des métiers actuels. Dans le passé, le Conservatoire a essentiellement formé dans les domaines techniques, notamment des ingénieurs, et nous en formons encore pour beaucoup d'entreprises. Aujourd'hui, il forme de plus en plus dans les domaines des services car c'est là que se créent les emplois. La plupart des auditeurs viennent de leur propre initiative mais certains sont envoyés par leur entreprise. Nous avons donc à concilier cette double demande car, lorsque nous formons un auditeur, il est important qu'il puisse ensuite valoriser dans son emploi et sa vie professionnelle ce qu'il a appris au Conservatoire.

La maison mère est à Paris, mais le CNAM est avant tout un établissement ouvert sur tous les territoires, non seulement dans toutes les régions françaises avec plus de 150 implantations, mais aussi à l'étranger. Beaucoup de partenariats existent avec des institutions de pays autour

de la Méditerranée. À Beyrouth, nous avons un centre CNAM de plein exercice.

C'est donc un établissement ouvert sur les professions, les métiers. Nos enseignants et nos auditeurs sont des professionnels, ce qui fait notre originalité dans le dispositif français d'enseignement supérieur, et nous voulons la garder. Le CNAM a aussi une grande exigence de souplesse car former un auditeur qui a déjà travaillé n'est pas du tout la même chose que de former un étudiant. Il faut savoir tenir compte de ce qu'il a appris, et nous nous sommes résolument lancés dans ce que nous appelons la *validation des acquis de l'expérience*, pour construire avec chaque auditeur un vrai parcours professionnel en tenant compte de ce qu'il sait et en essayant de lui apprendre ce qui lui manque. C'est un vaste programme. Aujourd'hui, une nouvelle loi de modernisation sociale va nous permettre d'avancer dans ce domaine. Nous avons une grande volonté de souplesse afin de créer des modules d'enseignement véritablement adaptés à la demande. Un individu peut choisir, dans l'éventail de nos 600 formations, correspondant à plus de 350 métiers, de venir chercher un certificat, un diplôme, de commencer dans un centre régional et continuer ailleurs, d'interrompre sa formation, bref construire son parcours individuel. Mais cela implique des méthodes pédagogiques adaptées, élaborées avec des professionnels qui viennent expliquer et partager leur expérience, et des universitaires qui apportent leur savoir académique.

C'est aussi un établissement original, souple dans son fonctionnement en réseau. De plus en plus, au lieu de parler du CNAM, nous parlons du réseau CNAM, qui veut être un réseau maillé, pour que des compétences avec nos partenaires puissent être développées en tous points du territoire ou à l'étranger, et connaître une diffusion qui dépasse largement le point d'origine.

Enfin, c'est un établissement qui a, avant tout, une exigence de qualité, celle de tout établissement d'enseignement supérieur reconnu et subventionné par le ministère de l'Éducation nationale et délivrant des diplômes nationaux, car, bien sûr, nous sommes responsables de la qualité de tous les enseignements que nous diffusons. Nos professeurs, titulaires de chaire, ont la responsabilité de faire en sorte que tout enseignement délivré en un centre agréé par le CNAM ait véritablement le label CNAM.

Nous avons également des laboratoires de recherche, que nous voulons aussi un peu spécifiques. Contrairement au CNRS, nous ne sommes pas une institution de recherche fondamentale. Nous voulons développer ce que nous appelons aujourd'hui la *recherche technologique*, qui est une recherche au service du monde professionnel et des entreprises, avec des laboratoires qui travaillent soit sur un domaine précis, fortement développé, implanté avec des partenaires, soit dans le cadre de nos instituts spécialisés où les gens viennent, dans un domaine particulier, rechercher une compétence pendant une période un peu plus longue. L'Institut des experts-comptables, par

exemple, est fortement implanté dans les pays autour de la Méditerranée, avec beaucoup de succès.

La difficulté, en particulier dans nos coopérations, est de travailler en réseau, car il est parfois plus difficile de travailler à plusieurs qu'à deux, et nous faisons un très important effort dans ce domaine.

C'est parfois aussi plus difficile pour les financements multiples et nous pourrions évoquer le projet Avicenne, développé dans le cadre du projet européen tout autour du Bassin méditerranéen. Il s'agit de créer un grand réseau d'enseignement à distance car, bien sûr, le CNAM étant un établissement de formation professionnelle, l'un des grands enjeux est, pour nous, d'intégrer complètement les nouvelles technologies. Aujourd'hui, les possibilités de la formation à distance ouvrent des champs nouveaux et nous nous sommes résolument engagés dans cette voie, puisque plus du tiers de nos formations est déjà accessible à distance.

Une autre difficulté que nous rencontrons parfois dans les coopérations est la reconnaissance locale des diplômes que nous délivrons. Les diplômes du CNAM sont en effet assez spécifiques et il faut faire comprendre que, justement parce qu'ils sont spécifiques, adaptés, ils sont de grande qualité et doivent être reconnus et intégrés au système des diplômes du pays, ce qui n'est pas toujours le cas.

Le choix des partenaires est capital car notre volonté n'est pas de transporter nos enseignements. Au contraire, nous voulons, dans nos partenariats, contribuer à accompagner l'ingénierie pédagogique, qui est nécessaire, mais, surtout, que le relais soit pris localement par l'institution partenaire. La réussite est là quand il y a un véritable relais, un partenaire très actif, bien identifié, qui est sur place et qui peut travailler avec les enseignants du CNAM.

Moncef Ben Saïd :

Votre communication contribue à préciser les idées à propos de cette fameuse transition de la problématique de la formation à la problématique du travail, en ce sens qu'avec un diplôme, on a le passeport pour entrer mais on a de moins de moins la garantie d'insertion, encore moins de la durabilité des qualifications dans un poste de travail, car la formation et l'éducation ne s'arrêtent pas au moment de l'obtention du diplôme. De plus en plus, les compétences d'un individu qui entre dans le monde du travail sont soumises à érosion et aux risques de déperdition, d'où l'urgence, dans les entreprises d'aujourd'hui et de demain, de développer une fonction de formation permanente, dont le but est de maintenir le niveau d'employabilité acquis par une formation initiale dont le contenu est à redéfinir. De même, les techniques de transmission, les techniques pédagogiques, sont également à redéfinir. Tout un domaine de la connaissance, de l'économie, de l'éducation s'ouvre et se développe depuis une dizaine ou une quinzaine d'années dans le monde pour le renouveau des techniques pédagogiques adaptées à la préparation des jeunes, et surtout au maintien des compétences

acquises et au renouvellement du stock de connaissances acquises. L'expérience du CNAM est très édifiante à cet égard et nous ouvre un champ particulièrement évocateur et significatif de coopération et de partenariat entre nos pays dans le domaine de la maîtrise de ces techniques, de ces pédagogies rénovées qui font le domaine de l'ingénierie de la formation. Celle-ci doit, d'un côté, s'adapter au monde du travail et de la production mais, d'un autre côté, elle doit très vite intégrer les nouvelles technologies de communication et d'information, dans la mesure où tous les processus de la production sont en train d'être envahis à une très grande vitesse par ces technologies.

Laurence Paye-Jeanneney :

Enseigner à distance demande un apprentissage et un savoir-faire. C'est très exigeant car cela demande aussi d'accompagner l'enseignement par tout un dispositif de tutorats et de services associés. Il ne faut pas, en effet, que l'élève se sente tout seul, donc il faut qu'il puisse, par un système de communication avec la machine, interroger son enseignant et tout cela est à concevoir et à imaginer. Dans notre milieu universitaire, c'est un peu une révolution culturelle, mais nous devons la faire.

Claude Roulet :

Je vais vous faire part d'un cas particulier qui illustre la rencontre entre l'entreprise et l'université : la création d'une compagnie qui est une alliance commerciale entre un industriel, Schlumberger, leader mondial des services pétroliers, et trois universités de renom international : deux américaines, Texas A&M, Oklahoma, et une université européenne, à Édimbourg. C'est une start-up. Cette compagnie a 2 ans et nous en sommes encore au niveau expérimental, mais nous avons déjà d'excellents résultats.

Il s'agit d'un banc d'essai et il est évident que si le système fonctionne, nous l'étendrons à notre couverture internationale, à toutes les universités des régions ou pays où nous opérons, pour se joindre à cet effort. Notre mission se situe dans notre secteur d'activité, qui est le domaine des services pétroliers, mais cela peut s'appliquer à tout autre domaine. Notre mission est de fournir, aux opérateurs et compagnies de services de l'industrie pétrolière et gazière, des solutions adaptées et intégrées. Solutions, parce que le monde économique est en train de changer à très grande vitesse, qu'il ne s'agit plus de donner à un employé une compétence dans un secteur niche, mais de lui donner une compétence multidisciplinaire, multisectorielle. Solutions intégrées, parce qu'il s'agit de donner une formation qui permette à l'employé d'une entreprise de devenir le fournisseur de solutions à son client. Il ne s'agit pas simplement de donner des tactiques à quelqu'un mais il s'agit de formations d'excellence qui sont soit qualifiantes, soit diplômantes. C'est la raison pour laquelle nous avons monté un partenariat avec trois universités de façon à avoir la crédibilité, et ce, pour optimiser le développement de carrière de ces employés,

leur efficacité, leur compétitivité, de façon à répondre aux besoins de plus en plus importants de l'entreprise.

Au-delà, il s'agit de s'assurer que cette entreprise de formation est neutre. Elle a donc un conseil d'administration, constitué des partenaires ; un conseil de surveillance, beaucoup plus large et constitué de partenaires et de clients, d'experts internationaux indépendants ; un conseil de certification des programmes ; et un conseil de validation des instructeurs, constitué de directeurs de curriculum sur l'ensemble des sujets concernés.

Le modèle de formation intégrée est un triptyque. Dans une première phase, il s'agit d'identifier les lacunes de compétences, d'adapter les programmes de formation aux besoins des employés, et cela se fait avec la collaboration des services des ressources humaines, et aussi avec les services techniques, dont il nous faut l'accord et l'adhésion complète. Il est en effet toujours très difficile de dire à quelqu'un qu'il a une lacune de compétence, et il faut donc lui montrer que, pour se mettre en ligne avec les besoins de la mission de l'entreprise, il est nécessaire qu'il suive un développement tout à fait adapté à sa formation. La deuxième phase est la conception des solutions de formation, où nous puisons dans notre réserve de cours et de plans de formation pour ensuite déployer les solutions et en évaluer l'impact. Le déploiement de solutions peut déboucher sur des solutions de type classique avec instructeurs, mais, de plus en plus, ce sont des formations à distance, formations multidisciplinaires, formations qui peuvent être soit qualifiantes, soit diplômantes, au sens universitaire.

La principale composante de mon exposé va vous montrer comment on peut utiliser les récents développements des technologies de l'information pour optimiser le transfert de compétences et de connaissances à cette large population industrielle dans le monde. C'est ce que nous appelons la *formation distribuée*. Aujourd'hui, notre petite compagnie a une bibliothèque de 75 cours multimédia, soit environ 107 heures de formation, qui couvre toutes les disciplines de l'exploration et de la production. C'est un système fondé sur la gestion de l'information qui peut diffuser cette information au travers du réseau Intranet sur des supports CD-ROM. Tous les cours sont avec option multilingue pilotable, et l'élément essentiel est la nécessité impérative d'une télé-assistance physique ou virtuelle.

La solution technologique que nous avons développée et mise sur le marché est le *système mondial d'autoformation et de téléassistance* (WWPL, World Wide Professional Learning). Les objectifs sont d'améliorer et de développer les compétences professionnelles de chaque employé, et de fournir l'accès aux ressources de formation à partir de l'environnement de travail. On arrête ainsi la valse de déplacements de logistiques extrêmement coûteuses, nécessaire dans le cadre de la formation classique où les employés sont envoyés vers les centres de formation. Cela permet aussi aux professionnels de s'organiser en communauté d'apprentissage.

Les facteurs économiques auxquels nous devons faire appel sont des facteurs de compétitivité qui sont vitaux pour le développement de nos entreprises. Il faut donc optimiser les coûts de formation, réduire les dépenses logistiques, réduire les temps de mise à jour des systèmes de formation et de leur contenu, réutiliser les modules d'apprentissage pour construire de nouvelles solutions et avoir un meilleur contrôle financier de la distribution de la formation parce que c'est une formation commerciale, bien sûr payante. Le deuxième facteur économique est de capitaliser la connaissance au niveau individuel et au niveau de l'entreprise, et de créer un capital connaissance collectif d'une part, et maintenir les communautés d'apprentissage d'autre part. Les différents éléments d'un système de distribution et de commercialisation de la compétence sont tout d'abord un système de gestion de la formation. Sa principale fonction est l'administration des cours, la gestion des compétences, la relation client, la sécurité de la transaction. C'est ensuite le contenu, les modules d'apprentissage, leur création, leur gestion, leur publication, puis la mise en relation de la communauté d'apprentissage, les clients, les apprenants, avec la communauté des experts, des instructeurs et des modérateurs. Il faut également un système pour mettre en commun ces modules et les différentes méthodes d'enseignement : la formation classique en salle, la formation sur site opérationnel de travail, la formation assistée par ordinateur et la téléassistance, ainsi qu'un système qui permette de gérer dynamiquement l'allocation des ressources (ressources systèmes, mise en réseau des différentes composantes, mise en relation des différentes communautés). La partie la plus importante est l'optimisation pédagogique du transfert de connaissances : comment valider les résultats de formation, comment les capter, comment les analyser, les réduire, et comment optimiser ensuite le processus du transfert des connaissances.

Tout d'abord, le système de gestion de la formation : il assure l'administration des cours, la mise à jour du catalogue de cours, les inscriptions, la gestion des ressources, la comptabilité. La gestion des compétences est assurée par le système de gestion de formation et il permet de faire les tests, les évaluations de compétences, les certifications. Pour les responsables des ressources humaines, ce système permet maintenant d'avoir l'ensemble des données pour gérer le personnel, en améliorer la gestion et les affectations de poste par recherche de compétences disponibles, et aussi d'optimiser la gestion de carrière en utilisant l'analyse des compétences. La gestion des relations avec les clients : nous sommes une société qui commercialise des programmes de formation et il faut avoir une relation directe avec les clients. La sécurité de la transaction : ces informations sur le personnel sont confidentielles. Il faut donc un système qui soit protégé par des murs de protection, par un accès sélectif.

Les contenus : les modules d'apprentissage, un élément très important au moment où les technologies de

l'information vont nous permettre de diffuser au niveau mondial cette connaissance, est de s'assurer que nous sommes en conformité avec les standards mis en place actuellement pour développer ces modules. La gestion du contenu doit être une gestion extrêmement flexible et peu coûteuse, avec la possibilité de mettre à jour les contenus en fonction des nouveaux développements technologiques, ainsi que celle de diffuser ces éléments remis à jour le plus rapidement possible, tout cela à un coût minimum.

La communauté d'étudiants ou de clients qui désirent avoir une formation doit être mise en relation avec la communauté des experts. Pour cela, il faut ce qu'on appelle, en termes de technologie de l'information, un portail collaboratif, qui assure la mise en relation de ces deux communautés, et bien sûr, au travers du système de gestion de la formation, est mis dans une base de données en temps réel. Notre compagnie, Next, assure l'administration, la gestion de ces relations et la gestion des besoins des partenaires et des clients.

Il y a aussi un aspect extrêmement important sur lequel nous travaillons en partenariat avec de multiples universités ou organisations telles les écoles de commerce. Il s'agit d'optimiser la pédagogie liée au transfert de connaissances. Il faut d'abord saisir la réaction des apprenants à la formation qu'on diffuse sur le réseau : évaluation à chaud, évaluation à froid, réduction de l'information, analyse des résultats et boucle de contrôle pour s'assurer qu'on va optimiser et adapter la formation suivante en fonction des résultats de la formation initiale.

Le système d'interconnectivité, qui est au cœur du système, est la chose la plus difficile à mettre en place pour le transfert des connaissances au niveau industriel. Les méthodes classiques de distribution sont la formation en salle ou la formation déplacée où l'on déplace le professeur vers le client. Les nouvelles technologies vont faire un amalgame entre ces formations par instructeurs en salle sur le site universitaire, le site de la compagnie de formation ou le site du client, avec les technologies de l'information permettant la formation à distance. Celles-ci peuvent être de type *computer assisted* (ordinateur, CD-ROM, individu seul), ce qui présente beaucoup d'inconvénients, comme la baisse rapide de l'attention. Pour s'assurer que la formation à distance fonctionne, il faut un amalgame entre l'utilisation des technologies type CD-ROM, les technologies de type formation à distance par le réseau, les moyens de mise à disposition de la connaissance en salle sur site ou déplacée, et mettre en place un système hautement interactif. Le système interactif donne au client devant sa console, branché sur le réseau, l'accès dynamique au contenu qu'il souhaite en fonction de ses besoins, et ensuite une association dynamique liée à la requête de l'apprenant avec la communauté d'experts. Le cœur du système va donc être le portail collaboratif qui va pouvoir mettre en relation la population des demandeurs de formation avec la population des experts.

Pour la première fois, en 2002, nous avons des systèmes prototypes qui fonctionnent très bien mais cela ne résout pas tout le système. Il faut bien sûr avoir ce réseau d'experts qui soit accrédité, validé par les universités, de façon à assurer notre crédibilité vis-à-vis de nos clients. Aujourd'hui, nous sommes dans une phase, démarrée avec trois universités, où nous allons développer les partenariats avec les universités locales pour s'assurer que nous pouvons transporter nos programmes de formation en validant sur régions les formations diplômantes, et, pour les formations non diplômantes, assurer une formation qui soit liée aux études de cas spécifiques aux pays concernés. Voilà le système tel qu'il est opérationnel aujourd'hui (renseignements : www.next.ie).

Méthodologie de transfert de l'information : on affiche sur l'écran la liste de grands sujets possibles, on clique sur son choix, et le système va faire automatiquement une évaluation de vos compétences sur les domaines où vous voulez intervenir. Après sélection d'un cours, l'écran propose un programme de formation constitué de quatre fenêtres : premier cadran, présentation type PowerPoint, interactive ; second cadran, possibilité d'appeler une vidéo de l'instructeur qui aura créé la présentation avec synchronisation ; troisième cadran, possibilité de se mettre en contact avec l'expert, en différé (payant, délai de 24-48 heures) ; quatrième cadran, demande de connexion en temps réel (contact audio, le plus cher).

Moncef Ben Saïd :

Vous nous avez fait une double démonstration. La démonstration de la nouvelle pédagogie, qui fonctionne, qui est pilotée à partir d'une demande précise en compétences et qui s'organise en conséquence de manière très rigoureuse, normalisée, reconnaissable et certifiable. La deuxième est l'intégration des technologies modernes de la communication pour contribuer à mettre cette nouvelle pédagogie aux niveaux de coût et de performances requises par des entreprises en quête de performances et de compétitivité précisément.

Quelqu'un dans le public :

Je vais vous parler un peu plus en détail des actions de coopération scientifique que le CNAM a conduites avec des pays méditerranéens du Sud, que ce soit du Moyen-Orient ou du Maghreb. Le dénominateur commun à toutes ces actions est qu'elles sont de type réseau. Nous avons beaucoup de demandes au sujet de la formation continue. Nous avons trois types d'actions en réseau : la formation de formateurs, les enseignements technologiques et la recherche scientifique ou technologique.

La demande portant sur les enseignements technologiques provient surtout d'établissements de type IUT (Syrie, Liban, Jordanie, Tunisie, Algérie). Cela a consisté surtout à développer l'enseignement technologique orienté plutôt vers les formateurs, et à apporter des nouveautés surtout au niveau des travaux pratiques, par exemple en introduisant des séquences professionnalisantes.

La recherche scientifique ou technologique correspond à la demande de sociétés savantes du Maghreb, notamment en informatique, et dans le cadre du développement d'écoles thématiques. Cela a conduit à beaucoup d'actions intégrées, des projets OPEF et des projets PICS, avec des thèses. Grâce au développement de ce réseau on a pu se présenter au projet Avicenne et il se peut que ce soit l'occasion de réaliser l'action de formation continue ouverte et à distance dans le cadre de ce projet. Avicenne compte beaucoup sur le réseau qui s'est formé avec le CNAM, le Maghreb et le Moyen-Orient, et toutes ces personnes sont appelées à développer des cours sur la création du contenu mais surtout à réfléchir sur les séquences pédagogiques et l'utilisation des TIC dans l'enseignement. C'est une façon d'impliquer de manière active, directe, tout ce réseau, et l'on a peut-être là quelque chose qui peut aboutir à une université virtuelle méditerranéenne ouverte à distance.

Moncef Bouchrara (ingénieur-conseil en Tunisie, a travaillé dans la formation continue) :

Qu'est-ce qui différencie le CNAM, de par son histoire et son expérience, d'autres expériences de type anglo-saxon ?

Laurence Paye-Jeanneney :

Il est amusant de savoir que, lorsque l'abbé Grégoire a voulu créer le Conservatoire, c'était en réponse à la crainte vis-à-vis des Anglais. On pensait alors que la révolution industrielle anglaise risquait de nous priver, en France, de notre compétence et de nos capacités de développement. C'était pour faire en sorte que la technique reprenne complètement et pleinement droit de cité dans notre pays que le CNAM a été fondé. Pourquoi le nom de *Conservatoire* ? Parce qu'il voulait non seulement que l'on conserve en un endroit, dans un «conservatoire», tous les témoignages et toutes les inventions techniques, mais également pour que ceux qui les avaient produites puissent expliquer aux autres ce qu'était le processus d'innovation. C'était l'idée qu'il faut avant tout être proche de l'innovation de la technique et de la technologie. Dans d'autres pays, en Angleterre, en Allemagne, la technique est mieux comprise que dans notre pays, par certains côtés. L'enseignement académique a, chez nous, plus d'aura que l'enseignement technologique. Le CNAM est peut-être avant tout l'université technologique, mais il est très spécifique.

Marie-Catherine Lecoq (Établissement public Euroméditerranée) :

Une des cibles stratégiques de notre établissement est le développement du pôle multimédia, éducatif et culturel, à la Belle-de-Mai à Marseille. Ma question s'adresse à Claude Roulet et j'aimerais avoir une idée du modèle économique qui est derrière son projet, du partenariat, du financement et des équilibres financiers.

Claude Roulet :

En gros, c'est un *business-model* très expérimental. Une des premières difficultés est de faire travailler ensemble trois universités différentes (Écossais, Texans, Oklahoma) qui ont un sens du *business* qui n'est pas du tout le sens d'une industrie. Une deuxième difficulté est que les professeurs ou les instructeurs universitaires qui interviennent pour transmettre la connaissance sont presque tous des *prima donna*, et les clients adorent les *prima donna*. Nos clients, les pétroliers, nous demandent une formation dispensée par M. Untel mais ce M. Untel coûte 2 000 à 9 000 dollars par jour, et, à ce prix-là, nous ne pouvons pas créer beaucoup de profit. Nous sommes arrivés à la conclusion qu'il fallait intéresser les instructeurs au profit, qu'ils soient physiques, résidentiels ou virtuels, et leur montrer qu'il y a une loi d'échelle. Lorsque vous enseignez devant quelques étudiants, vous avez de suite un revenu mais vous n'avez que ça. Si vous faites la même chose mais en élaborant votre présentation sur PowerPoint, ce qui demande quelques centaines d'heures, vous le faites de manière plus structurée en utilisant les technologies de l'information d'aujourd'hui. Si vous autorisez à ce qu'on prenne quelques vidéoclips des moments importants de la formation et si vous donnez à l'enseignant une participation aux revenus de la diffusion de ce transfert de connaissance dans le monde industriel, donc un intérêt au profit, alors cela fonctionne beaucoup mieux. On a souvent un refus initial du professeur d'université qui craint que son métier ne soit entamé parce qu'on va le répandre partout sous forme de vidéo ou sur le web, mais si on l'intéresse au profit, il change d'avis. Deuxième chose, c'est que dans la mesure où l'on fait un partenariat entre industrie et professeurs d'université, on est capable de mettre ensemble des personnes qui ont des compétences très différentes, donc on crée un nouveau produit qu'on appelle une solution. C'est une solution de formation pour un problème donné de l'industrie, donc il y a une valeur ajoutée et l'on rétribue les fabricants du contenu industriel ainsi que les fabricants du contenu académique en fonction des résultats financiers obtenus. Nous sommes en train de mettre cela en place et cela ne marche pas trop mal. Certaines universités répondent mieux que d'autres. Les universités anglo-saxonnes comprennent mieux le *business-model* que les autres. J'ai fait une expérience avec une université dans les émirats arabes et eux aussi comprennent très bien parce qu'ils sont très proches des besoins industriels des compagnies pétrolières locales. On va tester ce système dans différentes régions du monde pour voir si l'on peut monter, dans chaque type de région, un mode de rétribution des fournisseurs de contenu, qui leur permette de retrouver une justification de la fourniture de ce contenu et les intéresser financièrement. Pour l'instant, les résultats sont très positifs mais c'est compliqué à installer et c'est pratiquement du cas par cas.

Quelqu'un dans le public : (Réseau du centre technologique, site à Valence, Espagne) :

La manière de travailler des centres, où il y a aussi beaucoup de formations, est surtout appliquée à l'enseignement du travail pour le recyclage professionnel, c'est le 100 % à cause du lien direct qu'il y a entre les centres et l'entreprise. Quel pourcentage destinez-vous au recyclage, non à la formation initiale de l'étudiant, et prenez-vous en compte la participation des experts d'université, des centres technologiques, des chercheurs qui travaillent directement avec les entreprises ?

Laurence Paye-Jeanneney :

Nous travaillons avec toutes les universités, les centres techniques, un peu comme vous le faites. C'est là que nous allons chercher, en grande partie, nos enseignants. L'une des originalités du Conservatoire est que, pour dispenser ces enseignements dans ses centres dispersés sur le territoire et à l'étranger, il ne dispose pas d'enseignants propres ; il va chercher la compétence où elle est, et la rémunère. Nous avons des enseignants propres qui, eux, sont installés au siège de l'établissement pour la conception, l'évaluation des enseignements et la définition du label qualité CNAM, mais les enseignements sont dispensés sur place par des enseignants que nous trouvons localement. C'est la raison pour laquelle nos centres ne sont pas des établissements de l'État. Ils sont gérés par des associations d'intérêt public et c'est quelque chose d'assez original dans le dispositif français d'enseignement supérieur. Mais il faut dire aussi qu'en France, la formation professionnelle relève de la compétence des régions, donc il y a vraiment une immersion dans le tissu local, ce que nous pensons important pour avoir une capacité de réaction très libre car, si nous avons trop de personnel permanent, il est parfois plus difficile de les faire évoluer. Nous pensons aussi que c'est une force.

Gilles Lechat (École générale des eaux et forêts, France, projet à Montpellier d'université d'enseignement à distance) :

Ma question concerne le problème de l'évaluation des compétences. Si j'ai bien compris, dans le système Next, on procède au préalable à une évaluation des compétences, mais je suppose que cette évaluation peut être aussi dynamique, c'est-à-dire qu'on peut faire un QCM pour avoir un certain nombre de réponses, mais on peut aussi observer le comportement de l'apprenant par rapport à des situations-tests. Si, effectivement, on fait une analyse de données sur ces informations qui permet de générer un certain nombre d'axes sur lesquels on peut mesurer la docilité, la réactivité, l'esprit critique, etc., ma question est de savoir, M. Roulet, si dans votre système, les résultats de cette évaluation sont communiqués à l'étudiant et si la Commission nationale informatique et libertés est saisie de ces bases de données. Est-ce que les étudiants ont à connaître du jugement qu'on porte sur eux, parce que, si j'ai bien compris, il y a une intégration très forte

entre l'employeur et l'étudiant dans votre système ? Ma question est posée parallèlement au CNAM pour savoir, par rapport à cette difficulté d'évaluation des compétences, comment on procède et comment l'apprenant peut avoir plus de liberté de choix afin qu'il puisse se positionner par rapport aux carences qu'on décèle ?

Claude Roulet :

C'est au cœur de notre modèle de *business* et vous avez mis le doigt sur quelque chose de fondamental. Prenons l'exemple d'un client, qui peut être un département technologique, un département opérationnel, qui nous dit avoir une certaine mission opérationnelle nécessaire dans un délai de deux ou trois ans, avec une population x pour exécuter cette mission, et souhaite savoir si ces personnes peuvent atteindre les buts de la mission. Dans ce cas, nous faisons une évaluation de compétences en deux niveaux. D'abord un niveau QCM, qui constitue un tri grossier où l'on est capable de mettre en relation les objectifs de la compagnie avec les compétences documentées par les étudiants eux-mêmes. Une fois ce tri fait, nous construisons une interview physique, adaptée à chacun des étudiants sélectionnés dans le système, d'une durée de trois heures. Cette interview se fait dans le cadre d'un partenariat consensuel entre l'apprenant, l'évaluateur et le management, donc l'autorité qui est au-dessus de l'étudiant, pour s'assurer que la mission va être remplie. Toute information qui ressort du résultat de l'interview est communiquée à l'étudiant et à son management, et c'est à l'issue de cette évaluation que nous construisons le programme de formation adapté à cette personne. Il y a donc une phase automatique, une phase de personne à personne et, dans le cadre d'un partenariat consensuel, une phase de dialogue entre l'étudiant et l'expert, qui est approuvée par le client et le service en charge de la population à évaluer. Certains étudiants ont refusé l'évaluation et ont eu par la suite un problème à l'intérieur de l'entreprise. On essaie de leur montrer qu'on n'est pas là pour les brimer mais pour optimiser leur développement de carrière, ce qui marche dans 75 % des cas.

Laurence Paye-Jeanneney :

Dans notre cas aussi, vous mettez le doigt sur quelque chose d'extrêmement important, surtout dans un établissement où les auditeurs ne sont pas captifs comme dans une université où ils sont quasiment obligés d'aller. Chez nous, ils ne viennent que s'ils ont envie de venir. C'est à la fois l'intérêt de nos auditeurs et en même temps une difficulté. Nous avons vécu cette difficulté à un moment où le Conservatoire n'avait peut-être plus des formations complètement adaptées à la demande. Notre nombre d'auditeurs a alors chuté et nous avons eu à faire un effort extrêmement important pour réadapter nos formations.

L'évaluation des compétences se fait d'abord avant que l'auditeur ne vienne puisqu'il faut avant tout lui enseigner ce qui lui manque. Il se trouve que le Conservatoire a fait beaucoup d'expériences dans ce domaine. Jusqu'à

présent nous avons fait des expériences de validation des acquis en présentiel, et du coup nous ne pouvions pas en faire bénéficier tous nos auditeurs. Notre ambition aujourd'hui est de voir si, avec les nouvelles technologies, nous ne pouvons pas au moins accélérer une partie du processus d'évaluation des acquis. Nous venons de créer une chaire dans ce domaine, avec un vrai centre de compétences, ouvert d'ailleurs à tous les établissements. Nous avons un programme européen financé pour travailler sur cette question. Pour la construction du projet professionnel de chaque auditeur, nous regardons si les nouvelles technologies peuvent nous aider à passer d'une phase « artisanale » où quelques étudiants sont en face d'un évaluateur pendant plusieurs heures, à une phase « industrielle » où tous nos auditeurs auraient la possibilité, s'ils le souhaitent, de faire un bilan de compétences. Puis, il y a le jugement de ce qu'ils apprennent en cours d'étude. Nous n'avons pas encore mis en œuvre d'exams à distance, et, pour les jurys, les professeurs se déplacent.

En ce qui concerne l'évaluation, nous nous préoccuons aussi de l'évaluation de la qualité de ce que nous offrons, surtout dans le cadre de l'enseignement à distance. Nous sommes des praticiens de l'enseignement et pour généraliser l'enseignement à distance, il faut développer la recherche sur l'enseignement et les processus et méthodes de l'apprentissage.

Mohammed J. Safi (École nationale d'ingénieurs, Tunis) :

Quelle est l'importance de la recherche qui se fait au CNAM et quelles sont ses retombées sur la formation ?

Laurence Paye-Jeanneney :

Nous avons en effet, comme tous les établissements d'enseignement supérieur, une mission de recherche, mais plus spécifique, plus technologique, plus ouverte sur les entreprises. Beaucoup de nos laboratoires travaillent avec de grandes institutions telles le CNRS, l'INSERM, etc., afin de combiner nos expertises. Par exemple, nous avons créé dans le domaine acoustique, avec deux grandes entreprises d'automobiles, un Centre national de recherche technologique sur les problèmes d'aéroacoustique et d'aérodynamique, qui permet de travailler avec tout le tissu des laboratoires universitaires et industriels, avec le double souci de faire de la recherche mais aussi de la formation à la recherche.

Moncef Ben Saïd :

Il y a un lien fondamental entre recherche et entreprise. Aujourd'hui, dans le monde, les demandes adressées à la recherche émanent pour une grande part des entreprises ; on demande de l'innovation. La recherche et développement est une recherche pilotée par l'entreprise, dont les objectifs sont définis par l'entreprise, intégrés dans sa stratégie et financés sur le produit et le chiffre d'affaires. C'est un investissement de production et de compétitivité.

Kamel Barkaoui :

Nous avons ce que nous appelons le mémoire d'ingénieur CNAM, qui se prépare sur une année, et pour nous, enseignants-chercheurs dans les écoles doctorales au CNAM, c'est l'occasion de faire passer le transfert technologique *via* ces mémoires d'ingénieur. Tous ces mémoires se font dans la petite ou la grande industrie et cela ne doit pas être négligé comme retombées sur les orientations en matière de recherche.

Quelqu'un dans le public :

L'expérience de partenariat entre la Tunisie et l'Union européenne est positive, malgré les difficultés, la longueur des procédures et la complication de mise en œuvre des programmes. Le concours financier et l'assistance technique nous ont permis d'accomplir un certain nombre de réformes fondamentales de redéploiement du système de la formation professionnelle et de l'emploi. Nous avons un programme Manford (mise à niveau de la formation professionnelle et de l'emploi) qui implique les différentes composantes du système de formation et du système de production et qui prend appui essentiellement sur un concept fondamental qui est le partenariat avec le secteur économique. Consubstantiellement, nous implantons un système d'assurance-qualité pour doter le système de formation professionnelle tunisien de plus de réactivité aux besoins des entreprises et, d'une manière générale, à la demande économique.

On a longuement parlé de partage dans cette conférence et je voudrais élargir le champ de ce partage. Le partage est un attribut fondamental de la société euroméditerranéenne et, de manière générale, de la communauté internationale. Ce sera encore plus l'attribut fondamental de ce nouveau mode de fonctionnement sous forme de gouvernance : une nouvelle gouvernance du monde et une nouvelle gouvernance également dans les sociétés en termes de souveraineté d'État. On partage évidemment les produits de la recherche scientifique mais on partage aussi toutes sortes de connaissances. L'importance et le caractère stratégique de l'échange d'informations en matière d'emploi et de formation professionnelle sont reconnus. C'est déjà un peu la réalité à travers la convergence des différents marchés de l'emploi, qui fonctionnent pratiquement sur les mêmes modes de compétence.

M. le ministre ne l'a pas dit, mais je le dis à sa place, l'idée de créer un Observatoire euroméditerranéen de la formation professionnelle et de l'emploi était son idée. Et, depuis 1995, plusieurs pays ont parrainé le projet, dont la France, l'Allemagne, la Suède, l'Algérie, la Jordanie, rejoints par d'autres pays. Depuis, le ministère tunisien de la Formation professionnelle et de l'Emploi n'a pas chômé ; il a organisé une première conférence internationale sur les observatoires, les différentes expériences en matière d'observation du marché de l'emploi en 1998, suivie par deux conférences-experts *ad hoc* pour

délimiter, définir les objectifs, les produits, les modes de fonctionnement de ce projet. Ce projet est fin prêt mais, pour ce qui est du financement, nous rencontrons quelques difficultés de mise en place, et il est temps de le doter du financement nécessaire pour qu'il entame ses activités.

Moncef Ben Saïd :

Si nous devons retenir une idée, c'est que le monde d'aujourd'hui se caractérise par de grands défis, défis de la compétitivité pour l'entreprise, de l'emploi pour les jeunes, de la lutte contre l'obsolescence permanente des compétences des jeunes en situation de travail. Ce sont des défis majeurs qui constituent autant d'enjeux pour nos institutions universitaires, scientifiques, de recherche, ou nos établissements de formation, pour mettre l'accent sur le partenariat entre la sphère de la production et la sphère de la formation. Il n'est plus permis d'envisager aujourd'hui une rupture entre la formation initiale et la formation continue. Le concept de formation tout au long de la vie doit être creusé et doit faire l'objet d'une coopération intensive et intensifiée entre les opérateurs de savoirs et de compétences, les fournisseurs, les producteurs, les établissements qui maîtrisent les sciences de l'éducation et les techniques de la nouvelle pédagogie de

la formation, pour les mettre à la disposition des jeunes en situation de travail et des entreprises en quête de compétitivité. Je crois que c'est un champ de prédilection pour le partenariat. Manford est l'exemple d'un partenariat réussi.

Le projet Meda se trouve aujourd'hui dans la dernière phase de sa réalisation. Il a atteint ses objectifs de partenariat et mérite d'être examiné de près, et je serais heureux que la recommandation qui a été faite soit parrainée par notre rencontre, que l'Union européenne accepte de continuer à financer le développement du projet de l'observatoire euroméditerranéen de l'emploi et des compétences.

Moncef Ben Saïd

Ministère de la Formation professionnelle et de l'Emploi
- 10, avenue Ouled Haffouz - 1005 Tunis - Tunisie

Laurence Paye-Jeanneney

CNAM - 292, rue Saint-Martin - 75141 Paris Cedex 03 - France
paye@cnam.fr

Claude Roulet

Next - 5599 San Felipe - Suite 1700 - Houston, Texas
77056 - États-Unis

La place des femmes dans la recherche dans les pays méditerranéens (SA5)

Présidente : **Claudine Hermann**, présidente de l'Association Femmes et Sciences, professeur de physique à l'École polytechnique, France

Coordinatrice : **Claire Bergman**, directrice de recherche au CNRS, Laboratoire Matériaux et Microélectronique de Provence, université d'Aix-Marseille, France

Intervenantes : **Oum Kalthoum Ben Hassine**, professeur à l'université de Tunis, présidente de l'Association tunisienne Femmes et Sciences, Tunisie

Véronique Fumarolli, maître de conférence, université de Toulon, France

Christine Heller Del Riego, professeur d'électrotechnique, université pontificale, Madrid, Espagne

Geneviève Nihoul, professeur à l'université de Toulon, Laboratoire Matériaux et Micro-électronique de Provence, France

Fairouz Ohlsson-Malek, CNRS, Grenoble, France - IN2P3, Algérie

Yves Lancelot :

Lorsque nous avons préparé ce colloque, nous nous sommes aperçus rapidement que l'enjeu de la place des femmes dans la recherche était un facteur essentiel de notre démarche. Il nous est apparu, sur le plan du développement social, que le rôle des femmes dans la recherche était quelque chose de fondamental, non seulement dans les pays du Sud de la Méditerranée, mais également dans les pays du Nord. Je pense qu'énormément de progrès de civilisation se fera avec une meilleure intégration des femmes, et le domaine de la recherche scientifique pourrait être exemplaire. Ce progrès demande maintenant à être intensifié pour des raisons que vous connaissez tous, et il est évident que les femmes dans la recherche seront pour tous les pays un véhicule de civilisation qui sera peut-être plus beaucoup plus important qu'on ne l'a soupçonné jusqu'à maintenant.

Claudine Hermann :

Je représente la France à la Direction générale Recherche dans le groupe Femmes et Sciences, qui existe depuis 1999 et intègre des représentants des 15 États-membres de l'Union européenne et des 15 États associés au 5^e programme-cadre : ces derniers sont des États d'Europe centrale et orientale mais aussi des États de la Méditerranée, par exemple Chypre, Malte, Israël. Là, j'ai pu avoir un aperçu des problèmes liés à la place des femmes dans la recherche, à la fois en Europe et dans d'autres pays. Sous l'égide de la DG Recherche, il a été produit un premier rapport sur la situation des femmes dans les États-membres, principalement en milieu universitaire : c'est le rapport dit «rapport ETAN», car il a été réalisé dans le cadre de la structure «*European Technology Assessment Network*». En ce moment, d'autres travaux sont en cours, l'un sur la place des femmes scientifiques dans les États d'Europe centrale et orientale, et, en parallèle, un autre

sur la situation des femmes en recherche et développement dans l'industrie. Par ailleurs, j'ai participé il y a un mois à une conférence internationale sur les femmes en physique, dans laquelle 65 pays étaient représentés.

L'Association française Femmes et Sciences, fondée en décembre 2000, et dont je suis présidente, s'intéresse à la fois à promouvoir les études scientifiques pour les jeunes filles et à la situation des femmes dans les métiers scientifiques aussi bien à l'université que dans le secteur privé.

Dans ce débat, nous allons nous limiter à l'université. L'université joue plusieurs rôles, c'est à la fois un lieu de formation et un lieu de travail. Nous devons nous poser la question de la place de ces femmes dans les métiers universitaires, des obstacles, des avancées, des difficultés, ce dont nous allons débattre maintenant.

Claire Bergman :

Véronique Fumarolli va nous parler de la place des femmes dans la recherche d'une façon assez générale.

Véronique Fumarolli :

Selon le célèbre psychanalyste Jacques Lacan, la femme n'existe pas. Notre présence ici, aujourd'hui, démontre toute la validité scientifique de cette formule ! Plus sérieusement, l'aphorisme de Lacan cherche en réalité à démontrer la complexité de la notion même de féminité. On le sait, certains auteurs estiment qu'on ne naît pas femme mais qu'on le devient, et Simone de Beauvoir dit que la féminité est un fait culturel. Cette formule, selon nous, doit être récusée car elle met le corps entre parenthèses. Plus justement, on pourrait peut-être affirmer qu'on est homme ou femme puis qu'on devient ce qu'on est, de façon plus ou moins masculine ou féminine.

Face au mystère que constituent la femme et la féminité, parler aujourd'hui de l'aspect juridique de cette

féminité au regard de la recherche scientifique relève de la gageure. Le droit, c'est avant tout l'étude d'un système normatif, hiérarchisé et globalement sanctionné. Ce système est fondé sur la présence d'énoncés normatifs prescrivant une autorisation, une interdiction ou une permission. Quelle place doit accorder le juriste à la femme comme réalité sociale ou biologique prise en compte par le droit ? Cette femme, comme tout être humain, fait naturellement l'objet d'une protection par le droit. Cette femme est également prise en compte par le droit au titre de la fonction qui lui est attribuée par le système social, système social que le droit a bien sûr pour rôle de réguler. Ainsi, on le voit, les relations entre la femme et le droit sont naturellement multiples.

Avant de débiter réellement ce rapport introductif, il convient de revenir sur certains faits qui ont rendu possible l'existence même de la problématique qui nous intéresse aujourd'hui. Au XX^e siècle, la participation des femmes dans la vie culturelle et sociale connaît un développement sans précédent. Des phénomènes se conjuguent pour favoriser cette évolution en dépit des résistances. D'abord, les luttes féministes menées depuis le XIX^e siècle pour l'égalité des études et des diplômes remportent des succès évidents. Ensuite, l'évolution des techniques, l'accroissement du temps consacré aux loisirs dès les années cinquante, et enfin la production culturelle engendrent un salariat important permettant aux femmes de conquérir plus d'autonomie et plus de visibilité sociale.

Au regard de cette évolution, que d'obstacles les femmes ont dû franchir pour qu'on leur reconnaisse le droit d'apprendre. La France connaît le principe de la mixité dans l'éducation, qui se fonde sur le principe de l'égalité, de l'égale capacité naturelle des femmes et des hommes. Elle permet ainsi d'établir une égalité initiale des chances et a entraîné au fil des siècles la disparition de certaines limites qu'on imposait aux filles afin de pérenniser leur place subalterne. Les succès relatifs rencontrés en matière d'éducation grâce à la mixité ne se transforment pas pour autant en manifestation d'une parité effective dans le milieu scolaire, universitaire ou professionnel. De nos jours, même si les femmes sont gratifiées de meilleurs résultats scolaires et sont de plus en plus nombreuses dans les universités, elles n'ont pas toujours la place qu'elles méritent dans la société et dans les institutions qui gouvernent celle-ci. En ce sens, les stéréotypes ont la vie dure. Ce jugement propre à la situation de la France pourrait être, avec certains ajustements, légitimement élargi à d'autres États. La place de la femme n'est pas toujours clairement posée comme identique à celle de l'homme. L'examen des textes de droit positif le démontre immédiatement. Cette situation est encore plus marquée dans les pays de culture méditerranéenne, comme le droit comparé le démontre simplement et amplement.

Ainsi, en Tunisie, cas presque unique dans le monde arabo-musulman, le principe d'égalité entre homme et femme sur le plan de la citoyenneté et devant la loi est

expressément affirmé dans les textes tunisiens. Il est ainsi consacré dans la constitution aux articles 6, 20 et 21. Le Code du statut personnel, en même temps, a aboli la polygamie, institué le divorce judiciaire, fixé l'âge minimum du mariage à 17 ans pour la fille sous réserve de son consentement, et a attribué à la mère, en cas de décès du père, le droit de tutelle sur les enfants mineurs. Depuis 1987, un ensemble de mesures est venu renforcer les acquis de la femme tunisienne et, pour concrétiser davantage cette politique en faveur de la femme, des structures ont été mises en œuvre ces dernières années comme le ministère de la Femme et de la Famille ou encore l'Observatoire national de la femme.

S'agissant de la Turquie, la femme turque doit encore faire entendre sa voix pour bénéficier d'une effective garantie des droits fondamentaux, qui lui ont été tour à tour bafoués puis reconnus, durant des décennies. Malgré un état des lieux apparemment positif, et il l'est, la réalité est moins réjouissante. En effet, lorsqu'on s'intéresse de plus près au Code pénal en vigueur, quelques textes de loi nous montrent que les femmes turques sont moins protégées que nous pourrions l'espérer. Dans ce contexte, la violence domestique touche un tiers des foyers turcs et l'analphabétisme chez les femmes reste important. En revanche, la femme bénéficie d'une forte présence dans le milieu du travail.

L'Italie semble témoigner d'une avancée positive dans les intentions de promouvoir le droit des femmes. En effet, un ministère de l'Égalité des chances entre hommes et femmes a été créé, afin de mieux intégrer les femmes dans la vie juridique, institutionnelle et sociale italienne. D'autres domaines ont également bénéficié de ce progrès comme celui de l'éducation, du travail ou encore celui de la violence familiale, qui fait l'objet d'un projet de loi présenté au Parlement. Cependant, il existe une différence de taille entre la condition des femmes du Nord et celle des femmes du Sud, ces dernières subissant beaucoup plus la persistance des coutumes patriarcales. À l'heure actuelle, l'Italie compte parmi les pays développés affichant un nombre considérable de cas de violence domestique comparé à la place économique et culturelle qu'elle occupe en Europe.

Si l'histoire de la Grèce est brillante, celle des femmes qui l'ont peuplée l'est beaucoup moins. Le gouvernement grec, au milieu des années quatre-vingt-dix, s'est employé à réformer son régime constitutionnel et législatif en vue de promouvoir l'égalité entre les femmes et les hommes dans les secteurs économiques et sociaux. Cependant, si ces mesures tendent à hisser la reconnaissance des femmes au niveau de celle des hommes, la discrimination à leur égard persiste dans la plupart des sphères de la vie privée et publique. Les recours dont disposent les femmes victimes d'agression, pour se protéger ou demander réparation, leur sont méconnus. De ce fait, peu d'entre elles font appel à la justice. Le manque d'information et d'éducation les pénalise fortement et tend à ralentir les prises de cons-

science d'une société qui a du mal à corriger les stéréotypes traditionnels de la femme.

La condition de la femme en Espagne a évolué depuis quelques années. Cependant, plusieurs formes de discrimination dont elles sont victimes subsistent. Les mouvements féministes espagnols se font de plus en plus entendre afin de faire respecter et évoluer le droit des femmes. Beaucoup de lois existent mais elles ont du mal à être appliquées. Même si les filles, sur le papier, ont autant de chance que les garçons d'accéder à l'éducation, dans la pratique, ce droit n'est pas mis en œuvre comme il devrait l'être. Le taux d'analphabétisme chez les femmes espagnoles reste trop élevé par rapport à la moyenne, surtout dans les régions du Sud.

Ce rapide survol de la situation des femmes dans l'arc méditerranéen nous permet de poser quelques lignes directrices. Cette femme qui doit lutter pour bénéficier de l'égalité se trouve *de facto* en minorité dans la recherche. En outre, la recherche comme liberté constitutionnelle s'oppose parfois à la liberté revendiquée par la femme. Tout enseignement pour les femmes doit être considéré comme suspect, principe affirmé au XV^e siècle par le grand chancelier des Universités de Paris. Cela résume bien l'opinion qui prévalut et domina longtemps. Même dans les classes plus aisées, instruire les filles était considéré comme dangereux. Certes, la situation a évolué et les femmes bénéficient actuellement, en droit, du principe d'égalité juridique mais elles sont en réalité dans une situation inégalitaire, tant sur le plan de l'accès à certaines professions que sur celui des rémunérations. Cette égalité de départ, fondée en droit interne sur le préambule de 1946 en France, posé comme un principe, n'est pas parvenu à assurer une égalité réelle. Ce constat se manifeste dans toute son ampleur au regard de la recherche scientifique. Dans les instances scientifiques, la situation des femmes reste minoritaire. Cette situation a été engendrée par une conception purement formelle du principe d'égalité, et cette conception a été par la suite relayée par une politique positive imposant une situation de parité. Cependant, la parité que connaît la France depuis la révision de la Constitution de 1999 est une parité politique qui ne permet pas d'imposer l'égalité réelle dans le domaine professionnel. En ce sens, la parité dans le domaine scientifique et dans le domaine de la recherche reste quelque chose qu'il faut encore conquérir.

Quelqu'un dans le public :

Le Code de la famille en Tunisie a respecté les droits de la femme, mais en ce qui concerne l'acquisition de la nationalité par le lien du sang de la mère, je pense que le problème est toujours posé car la femme tunisienne ne donne pas automatiquement la nationalité à ses enfants. Le mariage mixte pose également toujours problème dans le cas de la femme, de même que l'héritage. Et pour ce qui est de la tutelle, elle ne peut être exercée sur les enfants que si le père est mort.

Véronique Fumarolli :

Dans les pays arabo-musulmans, en effet, la place de la femme est encore sous-évaluée par rapport à l'homme, vous venez d'en donner les principaux exemples, et ceci se retrouve dans pratiquement tous ces pays.

Oum Kalthoum Ben Hassine :

Je vais vous parler de la place de la femme tunisienne dans la recherche universitaire. Il s'agit d'une analyse des données statistiques disponibles à la Direction générale de la Recherche scientifique du ministère de l'Enseignement supérieur, mais aussi dans les institutions universitaires d'enseignement et de recherche. Au ministère de l'Enseignement supérieur, on a identifié 14 domaines de recherche universitaire. Sur le total des chercheurs, les femmes représentent 28 %. Ces femmes se retrouvent majoritairement dans les sciences de la vie, et cette situation n'est pas spécifique à la Tunisie, elle concerne tous les pays. On considère que ce sont des sciences qui sont faites naturellement pour elles. Il y a certaines sous-disciplines où la présence des femmes est nulle. Elles représentent 36 % du total des diplômés en sciences fondamentales, 59,4 % en médecine, 59,4 % en sciences de la vie, 15,9 % en sciences techniques. Sur 100 étudiantes s'inscrivant pour la première fois à l'université de sciences de Tunis, 40 vont en sciences naturelles, 21 en chimie, 19 en informatique, 14 en mathématiques et 6 en physique. Nous savons que le caractère technique des emplois va en s'accroissant, et, les femmes étant peu présentes dans les filières de formation technique, elles risquent d'être des exclues. 67,3 % de l'activité de recherche des femmes sont des activités de recherche diplômantes, ce qui veut dire que leur carrière de chercheur s'arrête à l'obtention du diplôme qui est la thèse.

Nous avons essayé d'analyser les obstacles à l'engagement des femmes. Un questionnaire a été élaboré, distribué et dépouillé par un groupe de femmes de la faculté des sciences de Tunis auprès d'un échantillon de 200 chercheurs. En voici les résultats.

Les femmes citent les responsabilités familiales et les charges domestiques (40 % de ces femmes se marient après le bac et avant la maîtrise). Elles disent souvent que la charge familiale n'est pas intégrée au monde de la recherche scientifique. C'est par exemple l'absence de garderie et de cantine sur les lieux où ces femmes pratiquent la recherche scientifique. 58,5 % citent les contraintes imposées par le mari.

Le nombre de femmes directeurs d'unités et de laboratoires de recherche est de 12,4 %, contre 87,6 % pour les hommes, ceci découlant de ce qui précède. Par contre, elles ont un taux d'encadrement légèrement supérieur à celui des hommes. Quand elles s'engagent, elles s'engagent réellement. Celles qui dirigent les unités et les laboratoires de recherche sont en majorité dans les facultés des sciences et les facultés de médecine. Dans ce même questionnaire, les charges familiales sont évo-

quées : 91,5 % ne participent pas aux réunions scientifiques et aux congrès ; 88,3 % ne suivent pas les informations et les nouveautés scientifiques et technologiques ; 84,1 % ne participent à aucune activité culturelle. Comment pourraient-elles donc superviser et encadrer avec ce constat ? Pourtant, si l'on regarde le nombre de femmes docteurs d'État, on trouve que les potentialités existent puisqu'elles représentent 29,3 % du total des docteurs d'État en Tunisie.

En conclusion, le rapport des femmes tunisiennes à la recherche scientifique demeure un rapport difficile en raison d'un conflit entre le rôle et les normes, et d'une organisation de la recherche qui n'est pas à leur image. La recherche est conçue par les hommes. L'absence des femmes aux postes de décision et de gestion est évidente.

Christine Heller Del Riego :

Mon exposé s'appelle «Partage du savoir, partage du pouvoir». Il faut partager autant les connaissances que le pouvoir, et pour cela il faut changer les mœurs. J'ai fait ma thèse en France et je suis retournée en Espagne depuis 5 ans, où j'ai obtenu un poste d'enseignante. Maintenant, je me demande comment faire pour sortir et continuer ma carrière de recherche. Quand je parle de discrimination avec mes élèves filles, en général, elles disent que cela n'existe pas, mais en fait cette discrimination augmente avec l'âge et l'on constate qu'elle empêche les femmes d'obtenir des postes de responsabilité. La discrimination dans les pays plus développés devient de plus en plus visible. Et en général les hommes ne reconnaissent pas qu'il y a une discrimination envers les femmes. Si un homme échoue dans sa carrière, c'est qu'il n'a pas eu de chance, si une femme échoue, c'est parce qu'elle n'est pas compétente. Il est beaucoup plus difficile de changer les mentalités dans les universités, de structure très rigide et ancienne, que dans l'industrie. Un des effets de la discrimination est d'induire un manque de confiance. Les conséquences sont un taux de natalité qui baisse.

Je vais parler un peu de la situation des chercheurs en Espagne et présenter une étude d'un groupe de travail du CSIC (équivalent espagnol du CNRS). Le président de ce groupe a proposé, dans une conférence, de prendre en compte les années de production scientifique pour permettre justement aux femmes d'avoir des enfants, de se réintégrer dans leur carrière de recherche et, pour les promotions, de ne pas être pénalisées par ces années d'arrêt. Concernant la direction du CSIC, on remarque que le président, le vice-président, le secrétaire général et les coordinateurs sont tous des hommes. Il faut noter que les coordinateurs exercent un pouvoir très important au niveau local. Par contre, on voit que les femmes sont des assesseurs ou des sous-directeurs pour environ 30 %, et en augmentation. Si l'on regarde la distribution par disciplines, on remarque une ségrégation horizontale. En technologie par exemple, la présence des femmes est très faible. La distribution du personnel scientifique, la hié-

rarchie, correspondent à une ségrégation verticale. Il y a 13 % de femmes parmi les professeurs de recherche, 20 % parmi les chercheurs scientifiques, 40 % parmi les scientifiques titulaires. En technologie (écoles d'ingénieurs), il y a 26-30 % de femmes parmi les élèves et doctorants, 12 % chez les maîtres de conférence, 15 % chez les professeurs titulaires et 1,76 % chez les professeurs, ce qui n'est pas encourageant pour une femme qui veut faire carrière dans une école d'ingénieurs.

Dans les programmes nationaux mis en place, l'Institut de la femme, qui est rattaché au ministère du Travail et des Affaires sociales, a mis en place plusieurs programmes, surtout pour aider les femmes entrepreneurs. Il existe aussi un autre programme, Optima, qui fait un diagnostic des entreprises afin de lancer une action pour changer la culture. 56 % des entreprises y participent et le changement dans l'industrie va être plus rapide que dans les universités.

Par rapport à l'Union européenne, le rapport des experts du groupe ETAN s'était montré très positif pour promouvoir la femme dans la science. Ils ont constaté un phénomène qu'ils appellent le «tuyau percé» : seules 10 % des femmes qui entrent dans la carrière parviennent à des postes de responsabilités. Ce rapport souligne que les femmes participent très peu à la conception de la politique scientifique. Il faut donner plus de pouvoir aux femmes, il faut qu'elles participent aux comités. Si l'on regarde les statistiques du rapport ETAN, en examinant la répartition des étudiantes par discipline, on remarque une très faible proportion de femmes dans les filières d'ingénieurs. On constate également que les pays scandinaves sont en avance dans les programmes de promotion des femmes dans la science. Le diagramme en ciseau est intéressant pour nous, car nous voyons bien, dans l'évolution des carrières, que la proportion des hommes augmente et que celle des femmes diminue. L'Espagne a une situation similaire à la France. De plus, les femmes ne sont pas présentes dans l'innovation. Par contre, on peut remarquer que, dans certains aspects, il y a un taux de réussite très important chez les femmes.

Les objectifs politiques sont d'augmenter le nombre de femmes chercheurs et de diminuer la ségrégation horizontale par discipline. Pour cela, il faut rendre plus attractives les carrières technologiques. Pour supprimer la ségrégation verticale, il faut que les femmes puissent prendre des décisions, il faut éliminer les différences de salaire, accroître la participation et la réussite des femmes dans les comités de politique et de gestion des fonds, et faire en sorte que la carrière scientifique soit plus séduisante.

Les raisons pour partager le pouvoir sont les suivantes : d'abord, on remarque que les femmes sont des leaders plus interactifs et plus participatifs, et c'est justement ce modèle qui s'impose dans notre monde global. De plus, les femmes peuvent introduire une nouvelle préoccupation car elles sont femmes, mères, etc., et peuvent apporter une autre sensibilité dans des domaines de

recherche. La fonction de rôle d'identification pour les jeunes femmes est aussi à souligner. Mais pour cela il faut qu'elles soient dans les comités qui prennent les décisions de politique scientifique. Pour toutes ces raisons, il faut plus de solidarité et de soutien envers les femmes.

Geneviève Nihoul :

Comme les problèmes sont à peu près identiques à ceux des autres pays, je ne vais pas reprendre toutes les statistiques françaises. Je vais simplement vous montrer que la situation en France est effectivement la même.

En 1992 la population active totale était de 44 % pour les femmes, en 2000 elle était de 46 %, donc peu d'évolution. Si l'on passe à la recherche - j'ai séparé recherche publique et recherche en entreprise car les chiffres ne sont pas les mêmes -, on passe, pour la recherche publique, de 27 à 30 % de 1992 à 2000, et, pour la recherche en entreprise, avec au départ une proportion de 16 %, on constate une augmentation beaucoup plus rapide, ce qui rejoint à peu près ce qui passe dans les autres pays.

Même chose pour la répartition en fonction des différentes disciplines : les sciences du vivant et la chimie ont un pourcentage de femmes nettement supérieur, puis dans l'ordre décroissant, on trouve les mathématiques, la physique et les sciences de l'ingénieur.

De plus, il existe une certaine différence géographique : la moyenne nationale étant d'environ 29 %, l'Île-de-France affiche 31 % et la province 27 %. Il y a des villes nettement plus déficitaires que d'autres en femmes, et ce ne sont pas les villes du Sud contrairement à ce qui est dit.

Concernant les promotions, on constate le même effet de ciseau (décrit par Christine Heller), mais je préfère l'expression «tuyau percé» qui, à mon avis, reflète la disparition des femmes à partir d'un certain niveau. En troisième cycle, toutes disciplines confondues, il y a 50 % de femmes, et 40 % des thèses sont soutenues par des femmes. Mais ce chiffre est stationnaire puisqu'on avait déjà 39 % en 1997. Par contre, concernant les professeurs et les directeurs de recherche (rang A), on aura, par rapport au nombre total de femmes travaillant dans la recherche (universités et CNRS), seulement 20 % de femmes de rang A, alors que le taux est de 44 % pour les hommes. On définit l'avantage masculin qui, ici, serait de 2,2. Là aussi, la situation est extrêmement différente suivant les disciplines : la domination masculine est très forte en médecine et en sciences de l'ingénieur, mais, contrairement à ce qu'on pourrait croire, en chimie et en sciences du vivant où il y a beaucoup de femmes, il y a un avantage masculin qui est très fort.

Le dernier point est le problème de la présence des femmes dans les instances de décision. J'ai pris comme critère la participation des femmes dans les conseils nationaux (universités et CNRS). En 1986, on avait 15 % et en 2000, 23 %. Mais si l'on regarde de plus près, cette augmentation est principalement due, non pas aux membres

élus mais aux membres nommés par le Gouvernement. Là aussi, il y a une grande différence entre les disciplines : il y a beaucoup plus de femmes dans les instances de décision en sciences du vivant et en sciences humaines, et aussi curieusement en mathématiques. Par contre, une fois de plus, la physique et les sciences de l'ingénieur voient une participation féminine extrêmement basse. Quant aux femmes présidents d'université, leur nombre a doublé en quatre ans, mais compte tenu qu'il y a peu de présidents d'université, c'est un nombre qui fluctue assez vite.

Par rapport aux autres pays que nous avons examinés jusqu'à présent, la France est un pays qui est à la rencontre de deux mondes, Méditerranée et pays du Nord. Il serait peut-être souhaitable de se pencher sur la situation dans le Nord. On dit toujours que, dans les pays anglo-saxons, les femmes font ce qu'elles veulent, etc., ce qui est vrai. Les femmes ont effectivement beaucoup plus de droits réels. Par contre, je peux vous dire par expérience que, lorsque vous allez dans un congrès international, vous êtes, en tant que Française, pratiquement seule ; je n'y ai jamais trouvé d'Anglaise, d'Allemande ou d'Américaine à notre niveau. Contrairement aux idées reçues, il y a, dans les pays anglo-saxons, très peu de femmes professeurs ou directrices de recherche. La même chose s'observe en Allemagne. Seule la Finlande fait exception.

Apparemment, en France, il y a eu une prise de conscience très forte, par les pouvoirs publics, de la situation des femmes dans la recherche. C'est valable apparemment en Espagne et dans d'autres pays. Le simple fait qu'on dispose de statistiques qui permettent de voir un peu mieux la place des femmes est quelque chose de très nouveau. C'est très récent, simplement parce que les pouvoirs publics ont admis qu'il y avait peut-être un problème et qu'il fallait avoir au moins des chiffres pour le résoudre.

Quant à l'Europe, elle a pour objectif, dans les dix années à venir, d'avoir, dans toutes les instances, une représentation d'au moins 40 % de chaque sexe, ce qui me paraît une excellente formulation ; on ne demande pas à ce que ce soit strictement 50 % mais qu'il y ait des proportions raisonnables d'hommes et de femmes.

Pourquoi la parité ? Un des arguments forts avancés contre la parité, et là, je parle surtout des sciences, est que les femmes auraient moins l'esprit scientifique. C'est peut-être vrai, mais en tout cas, ce n'est pas prouvé. Actuellement, il y a un conditionnement social, même scolaire (manuels scolaires, jouets, activités «fille» et «garçon»), et ces petits détails qui perdurent finissent par entrer dans l'inconscient des personnes, et je pense que cela joue. Si l'on regarde les effectifs en seconde générale, on a 54 % de filles, et, en première scientifique, il n'y en a plus que 38 %, alors que les filles réussissaient souvent mieux que les garçons. Pourquoi réaliser la parité ? Je pense que la première observation, c'est une lapalissade ou presque, est que si l'on prend une base de recrutement plus large, on a beaucoup plus de chance d'avoir de bons éléments. Je tiens à exprimer un second

point : je ne prétends pas que les femmes soient meilleures que les hommes, mais elles sont différentes, elles ont des approches, des points de vue différents et, lorsqu'on veut trouver des solutions, il est peut-être mieux d'avoir des approches différentes.

Je conclurai en disant que si nous arrivions à avoir des instances de décision dotées d'une réelle complémentarité, c'est-à-dire avec des femmes et des hommes, nous aurions une possibilité accrue de résoudre les problèmes, et il y a tant de problèmes que cela vaut la peine de se mettre à deux pour les résoudre.

Fairouz Ohlsson-Malek :

Je dirais que mon cas est atypique parce que je suis chercheuse au CNRS et que je vis en France. D'origine algérienne, j'ai fait mes études en Algérie jusqu'à la maîtrise, donc je connais bien le monde universitaire et de la recherche jusqu'à il y a 10 ans. Je souhaiterais dire que non seulement mon cas est atypique mais que le cas de l'Algérie est atypique. L'Algérie est passée par une période de guerre civile qui n'est toujours pas finie, où tout s'est dégradé, aussi bien la recherche, l'université que le social. Dans cette situation de guerre, beaucoup d'hommes ont déserté leur poste, ou ont émigré pour ne pas faire la guerre. Par conséquent des postes étaient à prendre, ce qui fait que les femmes ont investi tous ces postes désertés par les hommes et se retrouvent majoritaires à l'université. Autre chose : en 1962, il y avait autant d'analphabètes hommes que femmes, puis il y a eu un programme d'éducation égalitaire, si bien que 10-15 ans plus tard, on est arrivé avec autant de femmes que d'hommes à l'université et autant de postes à prendre. Malheureusement, avec la situation actuelle, il se trouve que les hommes, de par leurs responsabilités familiales, vont aller chercher l'argent, donc les femmes investissent des positions beaucoup moins valorisantes. Avoir un poste à l'université, c'est gagner environ 300 euros par mois. Avec ce faible salaire, ce sont plutôt les femmes qui restent à l'université. Ce qui m'inquiète, c'est l'avenir, car, actuellement, on invoque des raisons sécuritaires pour ne pas envoyer les filles à l'école et, dans quelques années, on aura certainement moins de femmes à l'université.

Quelqu'un dans le public :

Vous pensez que la proportion des filles qui vont à l'école pourrait être moins importante.

Fairouz Ohlsson-Malek :

Dans les grandes villes où la question sécuritaire est presque résolue, le problème ne se pose pas encore, mais dans les villages où le problème sécuritaire est très présent, cela va être une bonne raison pour laisser les filles à la maison.

Doria Cherifati (psychosociologue à l'université d'Alger) :

Quand je parle de recherche, je parle aussi d'un champ qui aboutit à des travaux, c'est-à-dire un lieu où

les femmes et les hommes essaient d'élaborer un produit pensé, réfléchi, documenté et qui débouche sur des travaux. Si je reviens à l'Algérie, on peut dire qu'il y a eu un gros effort en matière de scolarisation et que la scolarité des filles et des garçons a été quasi similaire dans le primaire. Pour le brevet et le baccalauréat, on remarque que les filles réussissent plus que les garçons, et elles sont en nombre moindre au niveau des filières techniques et de la technologie.

Je vais parler à partir d'une expérience qui est celle du champ de la recherche en sciences sociales, qui a été fortement marginalisé en Algérie. Dans ce secteur des sciences sociales, durant ces dix dernières années, il y a eu, au plan institutionnel, un désinvestissement de nombreux universitaires, non pas par manque d'intérêt pour l'université, mais parce que, tout simplement, l'espace, le lieu n'étaient pas des plus sécurisants et qu'il valait mieux être dans un autre lieu que celui de l'université. Mais cela ne veut pas dire que, pendant cette période, il n'y a pas eu de recherche. Il y a eu des investissements importants, au plan individuel, de chercheurs qui ont beaucoup investi, soit dans des centres de recherche qui existaient à ce moment-là, soit dans des espaces de recherche qu'ils ont constitués de toutes pièces, qui étaient des espaces un peu autonomes par rapport à l'université, dans lesquels ils pouvaient également engager des travaux de recherche.

Durant ces dix dernières années, nous avons énormément travaillé en groupe, peut-être plus qu'avant les années quatre-vingt-dix, comme si nous avions besoin de nous retrouver dans des espaces où nous pouvions nous soutenir mutuellement pour faire aboutir une réflexion. Pour nous, c'était un problème de survie, une manière de dire que nous sommes des universitaires, que nous devons produire de la connaissance sur notre société, donc faire aboutir nos travaux.

Par contre, en ce qui concerne nos travaux personnels, nous avons mis en veilleuse nos thèses parce que nous retrouvons dans une solitude, dans un tête-à-tête avec nous-mêmes, était quelque chose de l'ordre de l'insoutenable. Donc nous avons fait beaucoup de travail de groupe et nous avons publié, ce qui est également important. Ce sont peut-être des formes que nous avons utilisées pour essayer de gérer un moment terrible, une situation très difficile qui s'abattait sur nous, mais surtout le faire dans un espace très hostile où gommer son identité d'universitaire était peut-être la meilleure des choses à faire à ce moment-là. Avoir un signe extérieur qui montrait que nous appartenions à une communauté du savoir était un danger en soi. Les femmes et les hommes ont été touchés par la même situation et nous avons travaillé aussi beaucoup en groupe mixte.

Aujourd'hui, avec la situation sécuritaire qui se détend, nous remarquons que les hommes soutiennent leur thèse d'État plus vite que nous. Mais nous n'avons pas abandonné l'idée de le faire, car soutenir une thèse aujourd'hui, c'est aussi se placer dans un champ de redis-

tribution des places. Dans les années quatre-vingt, il y a eu, au niveau des femmes universitaires, une volonté de créer des espaces féminins, des espaces de parole. C'est également un moment de notre vie universitaire où nous avons éprouvé le besoin de nous organiser en dehors de l'université pour aborder les questions liées aux femmes, mais d'un point de vue scientifique, et de nous soutenir dans la publication et la prise de parole.

On dit : «Il faut que les femmes...», mais s'il n'y a pas un processus d'émergence de groupes de femmes dans des structures, des instances, des lieux de pouvoir, je ne crois pas que, parce qu'on est femme, on se mettrait obligatoirement à développer une politique de soutien aux femmes. Ce sont des réalités parce que, je crois, l'institution nous enferme dans des modalités de compétition qui sont masculines et où les rapports de pouvoir sont des rapports de violence et d'écrasement de l'autre. Si ces rapports ne sont pas changés, je ne pense pas que le fait d'être une femme sera suffisant pour changer les choses. Il faut se mettre à plusieurs pour avoir une chance d'aboutir.

Wassyla Tamzali :

J'ai initié le prix L'Oréal Unesco pour les femmes et les sciences, et on a fait des enquêtes. Il existe dans le monde du travail un vrai problème de discrimination, nous nous en sommes rendus compte quand nous avons lancé ce prix. La première chose que j'ai fait faire, c'est une enquête sur 18 mois : nous avons analysé 5 850 articles et nous avons trouvé 0,17 % d'articles signés par les femmes, ce qui veut dire qu'il y a des femmes dans la recherche et qu'elles n'apparaissent pas dans les signatures.

Claire Bergman :

C'est un aspect très intéressant mais qui n'est pas simple à traiter car l'indication du sexe n'est pas toujours donnée par le prénom (qui n'apparaît d'ailleurs pas systématiquement dans la liste des auteurs).

Claudine Hermann :

C'est un problème que nous débattons à la Communauté européenne. Selon les disciplines scientifiques, le principe des ordres d'auteurs est complètement différent : dans certains laboratoires tout le monde signe, dans d'autres il y a toujours le patron en premier ou en dernier, dans d'autres encore les auteurs sont par ordre alphabétique.

Quelqu'un dans le public :

Dans le domaine de la recherche, comme dans tous les domaines qui concernent la vie professionnelle des femmes, la situation est la même.

L'autre point qui me paraît essentiel est la conciliation entre vie familiale et vie professionnelle, qui est centrale dans cette problématique. Ce qui nous interpelle ici, c'est le rôle des pouvoirs publics dans la facilitation de cette conciliation de la vie familiale et de la vie profes-

sionnelle. Vous avez dit que les femmes des pays anglo-saxons étaient pratiquement absentes dans les séminaires, que le célibat était en hausse, et vous vous posez la question de savoir pourquoi. Ce que l'on constate aujourd'hui, c'est que le nombre de Françaises qui continuent à travailler après s'être mariées et avoir eu des enfants est toujours en augmentation. C'est bien parce que les pouvoirs publics, en France, ont mis en place toute une politique de développement de l'infrastructure et du dispositif d'accompagnement des femmes mères. Par ailleurs, on remarque aussi une croissance du taux de natalité. Cela, simplement pour dire à quel point les pouvoirs publics ont un rôle à jouer dans ce domaine.

Geneviève Nihoul :

Je reconnais que nous avons une situation privilégiée en ce qui concerne les crèches et autres choses. Et nous avons remarqué aussi que la plupart des femmes qui ont des postes de direction dans la recherche sont mariées, avec des enfants.

De même, à partir du moment où les femmes travaillent autant que les hommes, il est normal que les hommes travaillent autant à la maison, mais tout le monde ne l'a pas encore compris.

La Suisse, qui est très en retard par rapport à la situation des femmes, vient de décider de créer des crèches dans la plupart des universités.

Quelqu'un dans le public (Algérienne) :

La femme qui a continué à aller travailler à l'université et qui était sommée de rester chez elle, sous peine de mort, l'a fait en bravant la mort et non pas simplement en remplaçant un homme.

Quelqu'un dans le public :

En tant qu'enseignant marocain, je voudrais signaler que, jusqu'en 1996-1997, on avait un taux d'analphabétisme féminin qui était de l'ordre de 80 %, alors que la moyenne nationale est de 65 %. Malgré cela, on retrouve à l'université autour de 50 % de filles et 50 % de garçons, donc le problème est pratiquement le même, à cause de conditions que je pense être purement sociales. Il y a eu une certaine amélioration au niveau des taux de scolarisation, principalement dans les campagnes marocaines, avec l'électrification et l'eau potable, surtout pour les jeunes filles qui étaient principalement chargées d'aller chercher l'eau.

Au Maroc, il y a 37 % d'enseignantes-chercheurs et le pourcentage des thèses d'État est supérieur à celui des hommes, toutes disciplines confondues. Nous avons même, depuis une semaine, une femme recteur...

Claudine Hermann

École polytechnique - Laboratoire de physique de la matière condensée - 91128 Palaiseau - France
claudine.hermann@polytechnique.fr

Claire Bergman

Lab. Matériaux et Microélectronique de Provence - UMR 6137 - CNRS-Université Aix-Marseille - Faculté des sciences de Saint-Jérôme - 13397 Marseille Cedex 20 - France
claire.bergman@l2mp.fr

Oum Kalthoum Ben Hassine

UR Biologie, Écologie et Parasitologie des organismes aquatiques - Université Tunis El Manar - Faculté des Sciences - Campus universitaire - Tunis 1060 - Tunisie
kalthoum.benhassine@fst.rnu.tn

Véronique Fumarolli

Université de Toulon - Faculté de droit - 35, avenue Alphonse Daudet - BP 1416 - 83056 Toulon - France

Christine Heller del Riego,

Dpto. Electrotecnia y Sistemas - Escuela Técnica Superior de Ingeniería - Universidad Pontificia Comillas - Alberto Aguilera 23 - 28015 Madrid - Espagne
cheller@upco.es

Geneviève Nihoul

Laboratoire Matériaux et Microélectronique de Provence - UMR 6137 - CNRS-Université de Toulon - Avenue de l'Université - 83957 La Garde - France
nihoul@univ-tln.fr

Fairouz Ohlsson-Malek

CNRS - 53, rue des Martyrs - 38026 Grenoble, France
fmalek@isn.in2p3.fr

Les leviers du développement (Session SB)

Responsable matin : **Yves Lancelot**, directeur de recherche au CNRS, Centre d'océanologie de Marseille

Responsable après-midi : **Robert Klapisch**, directeur de recherche émérite au CNRS, CERN, président de l'AFAS

Les ressources agroalimentaires et hydrogéologiques (SB1)

Coordinatrice : **Marie-Noëlle Favier**, Institut de recherche pour le développement (IRD), France

Raymond Laugier, professeur honoraire des Universités, France

Intervenants : **Jean Foulquier**, Société des eaux de Marseille, France

Raymond Laugier, professeur honoraire des Universités, France

Jean-Pierre Montoroi, Institut de recherche pour le développement (IRD), France

Jean-Pierre Montoroi (cf planche IV) :

Les ressources hydrogéologiques peuvent être des nappes phréatiques, des lacs naturels ou un certain nombre d'ouvrages qui permettent la rétention et le stockage de l'eau. Cette ressource offre une inégale disponibilité par habitant, évoluant dans le temps. À partir d'un certain nombre de projections, le seuil de pénurie étant de 500 m³/an/habitant, il apparaît que ce seuil risque d'être atteint dans un certain nombre de pays. L'utilisation de l'eau est principalement orientée vers la production agricole, premier consommateur. Cette ressource est dédiée évidemment à la politique des pays qui cherchent à améliorer la productivité des terres, en particulier développer l'irrigation qui permet de suppléer les apports naturels. Un autre facteur qui vient s'ajouter est le développement important du tourisme dans les pays du pourtour méditerranéen, qui sont à l'heure actuelle une destination importante dans le monde. Le développement urbain qui se fait principalement le long des côtes est le support d'une demande croissante, impliquant des rejets de plus en plus importants, vecteurs de tous les problèmes de pollution organique.

Qu'entend-on par sécheresse et que recouvre ce concept ? Les limitations de la ressource en eau font diminuer la production agricole et créent une dépendance alimentaire qui risque d'être de plus en plus importante. De sorte que les importations en céréales sont non négligeables dans les pays menacés ; elles risquent d'évoluer et de s'accroître dans l'avenir.

La ressource en eau est liée à la variabilité interannuelle des précipitations. Les périodes sèches pouvant être plus ou moins importantes vont donc limiter la ressource en eau et créer une production agricole plus ou moins régulière dans le temps. Le phénomène de sécheresse a une récurrence plus ou moins régulière, mais est un phénomène relativement difficile à analyser parce qu'on connaît assez mal le début ou la fin de ces périodes

des dites sèches. La population s'adapte à ces périodes, mais celles-ci pèsent beaucoup sur les activités économiques et sur l'agriculture, et ont également des influences négatives sur les écosystèmes aquatiques et terrestres. De même, la quantité comme la qualité des eaux souterraines et de surface s'en trouvent également affectées. La sécheresse de 1998-1999 dans les pays du Moyen-Orient, une des plus importantes depuis un certain nombre de décennies, s'est révélée avoir des conséquences non négligeables sur le développement de ces pays. L'aide alimentaire d'urgence a été sollicitée. On observe, suivant les régions, des déficits pluviométriques plus ou moins importants, de 20 à 70 %. Ces déficits sont aggravés par le retard de la saison des pluies et s'accompagnent également d'une augmentation des températures, qui accroît l'évapotranspiration des végétaux. Il y a prolifération de rongeurs et d'autres facteurs secondaires qui s'expriment.

Comment peut-on réagir vis-à-vis de ces limitations naturelles ? L'homme va essayer de répondre à cette contrainte. Dans les années 1950 à 1980, les gouvernements ont privilégié une politique de grands barrages, pour évoluer ensuite vers une politique de construction de petites et moyennes installations hydrauliques et une prise en compte de la réalité technique traditionnelle. Les pertes par évaporation sont à prendre en considération et l'envasement des barrages est également une contrainte importante. On envisage de pouvoir éventuellement recharger les nappes en stockant l'eau.

Actuellement, le développement de la construction de lacs collinaires est une orientation privilégiée, notamment en Tunisie. Il s'agit de retenues, créées par un barrage en terre, dont la capacité est limitée à quelques centaines de milliers de m³, avec des bassins versants relativement réduits en surface, de quelques hectares à quelques km², qui s'intègrent assez naturellement dans le paysage. Ces ouvrages ont pour objet de constituer une réserve en eau disponible pour faciliter la micro-irrigation



Le lac d'Essenega (mai 1998)



Le lac de Kamech (mars 1999)



La lac d'El Gouazine et son bassin versant (mars 1996)



Vallée irriguée du lac d'El Gouazine (mars 1996)



Collecte d'eau dans le lac d'El Gouazine (mars 1996)

Photos : IRD J.-P. Montoroi

tion, d'être une ressource pour le bétail (zones de pastoralisme), de répondre aux besoins domestiques pour fixer la population, de limiter l'énergie des crues et la perte en terre dans les bassins versants, de recharger les nappes souterraines, d'améliorer l'environnement en facilitant un certain nombre d'activités (reboisement, loisirs...), et également de développer l'aquaculture ou une pêche naturelle.

Dans les années quatre-vingt-dix, en Tunisie, la politique de construction initiée se poursuit encore : environ 600 petits barrages ont été mis en place, surtout dans la région atlasienne. L'IRD, en collaboration avec l'INR-GREF (Institut national de recherche en génie rural et en eaux et forêts) et d'autres organismes tunisiens (DCES, Direction de la conservation des eaux et des sols), a permis de réaliser, sur un certain nombre de lacs, une trentaine d'ouvrages, des études, en particulier d'acquérir un certain nombre de données géographiques, hydrologiques, hydropluviométriques, et d'essayer de suivre l'envasement, l'érosion, la qualité des eaux, en relation avec des informations sur l'agroclimatologie et l'agroéconomie. On peut désormais obtenir et mettre à disposition, dans des bases de données, un certain nombre d'informations utiles aux décideurs. Des bases hydropluviométriques ont également été développées, avec un certain nombre de suivis : nous disposons actuellement de sept années de suivi dans les bases de données sur l'évaporation, la variation des niveaux d'eau, la pluviométrie, les mesures bathymétriques et le niveau d'envasement, contrôlé à différentes époques.

La qualité des eaux est également importante à considérer. Sont prises en compte l'analyse de la composition chimique des eaux et la teneur en phosphore pour évaluer les risques d'eutrophisation. En même temps, l'analyse des isotopes stables de l'eau a permis de faire un certain nombre d'études sur l'origine des eaux et la quantification des transferts. Plusieurs enquêtes ont été faites pour savoir comment la ressource est utilisée, valorisée, comment elle est perçue par les habitants. On analyse également les techniques culturelles qu'ils développent et comment cette ressource peut induire des revenus supplémentaires.

Potentiellement, il y a de nombreuses surfaces irriguées. Ce sont principalement l'arboriculture et les cultures maraîchères, qui se sont développées à partir d'un système de micro-irrigation permettant des exploitations à haut rendement, avec des revenus non négligeables.

Par ailleurs, il est important de pouvoir connaître le terrain sur lequel sont implantés ces barrages, en particulier faire appel à des données géophysiques qui permettent de caractériser les structures. Les études réalisées sur le site d'El Gouazine ont permis de montrer qu'en rive gauche, on avait un site beaucoup plus sableux qui expliquait les infiltrations de ce barrage, permettant d'alimenter l'aquifère alluvial. Ce sont des informations supplémentaires qui viennent compléter l'arsenal des informations hydrologiques et hydropluviométriques.

En conclusion, nous avons à disposition une ressource en eau complémentaire, qui va permettre de limiter la pression sur d'autres ressources préexistantes et continuant d'être utilisées ; elle est malheureusement très variable et très dépendante du contexte climatique. Les petits ouvrages hydrauliques nécessitent une gestion et une surveillance importantes, surtout pour asseoir une meilleure durabilité. Cela nécessite notamment des aménagements anti-érosifs pour limiter leur envasement. Il faut savoir aussi où on les implante et à quels usages ils sont destinés (multiple ou ciblé) et évaluer leur généralisation.

Jean Foulquier :

Je vais aborder la gestion déléguée des services publics au niveau mondial.

À Marseille, le service public de l'eau est délégué à la Société des eaux de Marseille depuis 1942. Nous avons connu, à Marseille, beaucoup de problèmes d'eau, et l'un des premiers grands pas a été la construction du canal de Marseille entre 1840 et 1849. Jusqu'alors, Marseille était alimentée par des petites rivières, des puits, et il y avait un problème à la fois d'insuffisance et de pollution des ressources. En 1840, la municipalité a lancé le chantier du canal de Marseille qui consistait à prélever l'eau sur la Durance (80 km) pour l'amener jusqu'à Marseille. Le chantier a duré 10 ans et la population a pu alors bénéficier d'une ressource abondante et de qualité ; le problème de l'eau était quasiment résolu. Mais au fil des années, la population a augmenté et la gestion du service de l'eau n'a pas suivi. Dans les années trente, nous nous sommes trouvés à nouveau face à d'importants problèmes de quantité et de qualité, notamment des canalisations fuyantes et insuffisantes. Cette insuffisance s'est matérialisée par un événement grave, l'incendie des Nouvelles-Galeries en 1938 (73 morts) où le réseau d'eau s'est révélé complètement inefficace. L'administration de la ville a été alors retirée au maire et confiée à un préfet, et l'idée de la gestion déléguée a commencé à se faire jour. Le préfet a confié des études à la Société d'étude des eaux de Marseille, lesquelles ont débouché, en 1942, sur un contrat de gestion déléguée à la Société des eaux de Marseille. On peut distinguer trois grandes périodes :

- 1942-1960 : contrat de régie intéressée ;
- 1960-1992 : contrat intermédiaire entre concession et affermage ;
- 1992-2002 : contrat plus proche de l'affermage que de la concession.

Le contrat de régie intéressée consiste en une rémunération forfaitaire de la société privée qui gère le service, avec un intéressement au résultat du service, mais c'est la collectivité qui gère, en particulier les investissements, donc les pouvoirs de la société privée sont relativement limités. Malgré cela, de gros travaux ont été réalisés mais qui n'allaient pas assez vite. Des problèmes de décision et des tiraillements entre les dirigeants de la société privée et la mairie ont abouti à un contrat de con-

cession, conclu en 1960, où la société privée avait plus de pouvoirs - en réalité limités par le fait que la mairie gardait quand même un important pouvoir de contrôle : les tarifs de travaux étaient soumis à la décision de la mairie ; le maire avait un droit de veto sur la nomination du président de la société ; et la mairie était également intéressée au bénéfice. Ce système a permis une grande souplesse de fonctionnement, et des grands travaux ont été accomplis, entre autres la construction du barrage de Valensole, du centre de traitement, et la modernisation des réseaux et des réservoirs. À l'époque de la construction du canal, la population marseillaise comptait 200 000 habitants ; en 1930, 600 000. En 1975 elle en comptait 900 000 ; il fallait alors faire face à une très grande croissance démographique et la gestion déléguée a permis de franchir ce cap de manière satisfaisante. En 1992, il y a eu un nouveau tournant. La législation avait changé et le contrat de concession, qui donnait un peu trop de pouvoir à la société privée, a été revu en donnant plus de contrôle à la ville. Celle-ci a en particulier obtenu le contrôle des investissements et, en 1991, a été signé l'avenant 9 au contrat de concession, qui l'a fait évoluer vers un contrat beaucoup plus proche du contrat d'affermage, dans lequel la ville gère les investissements et renonce au prélèvement sur le bénéfice. Le contrôle de la collectivité sur la gestion a été renforcé et une redéfinition du contrat tous les 5 ans a été établie pour prendre en compte l'évolution du contexte. La dernière a eu lieu en 2000 et a débouché sur une baisse du prix de l'eau. Le contrat de 1960 a fait l'objet, jusqu'à ce jour, de 12 avenants, ce qui veut dire qu'il a été remanié tout au long de son existence et adapté au contexte.

Quelles leçons peut-on tirer de cette expérience ?

Les contrats de délégation des services publics ont permis de faire face à l'évolution de la démographie, mais dans tous les cas, il s'est agi d'un partenariat public/privé où la collectivité a toujours gardé un droit de contrôle sur le service rendu.

La Société des eaux de Marseille s'est étendue. Elle gère actuellement une centaine de communes près de Marseille, ce qui permet une sorte de mutualisation au niveau régional. Il a toujours existé une concurrence : il y a quatre opérateurs privés dans les Bouches-du-Rhône, mais les communes ont la possibilité de revenir vers la régie municipale si elles ne sont pas satisfaites par le système de délégation.

Quelqu'un dans le public :

Quelle est la répartition entre eau brute et eau filtrée dans la ville ?

Jean Foulquier :

L'eau brute n'est plus utilisée en ville. Elle est desservie à des agriculteurs le long du canal de Marseille. Pour les besoins urbains, il n'existe plus qu'un seul réseau d'eau potable. Il a existé pendant longtemps un double réseau, mais la gestion de ce type de réseau en ville n'est

pas du tout intéressante financièrement, d'où l'abandon du réseau d'eau brute.

Quelqu'un dans le public :

Ne trouvez-vous pas absurde, en milieu urbain, de nettoyer la voirie avec de l'eau filtrée ? N'aurait-on pas pu conserver le double réseau ?

Jean Foulquier :

Le calcul économique est simple. Le coût du traitement à Marseille n'est pas très élevé. Par ailleurs, le réseau d'eau brute était constitué de vieilles canalisations avec des pertes inutiles. Enfin, plus on multiplie le linéaire de conduites, plus on multiplie les fuites. Actuellement, on a un réseau d'eau potable qui a un bon rendement, avec 90 % donc 10 % seulement de fuites. Si l'on garde un réseau d'eau brute ancien avec un rendement difficile à maintenir, globalement l'économie de la ressource n'est pas respectée.

Quelqu'un dans le public :

Serait-il possible d'utiliser d'autres sources, comme les eaux usées épurées, pour irriguer les jardins et même nettoyer les trottoirs. Cela peut-il être envisagé en milieu urbain si ce n'est pas très onéreux ?

Jean Foulquier :

Dans les régions où l'eau est très rare, la récupération des eaux usées est une façon d'avoir une ressource complémentaire importante. À Marseille, ce n'est pas le cas. D'ailleurs il existe très peu de villes dans le monde qui possèdent un double réseau.

Jean-Pierre Montoroi (en réponse à la question de R. Diévarit sur la mise en valeur de la plaine de Sousse, Tunisie) :

La plaine de Sousse est surtout caractérisée par une alimentation en eau à partir d'aquifères profonds. L'un des problèmes qui se posent est celui des contaminations marines : des intrusions d'eau salée viennent contaminer les aquifères profonds. La plaine est très orientée vers le tourisme, avec une activité agricole complémentaire, et la pression sur les aquifères, renouvelables mais difficilement, est très importante. Les Tunisiens ont effectivement un problème de contamination salée qui altère la qualité de l'eau dans cette région. Ils essayent de lutter contre cette dégradation de la qualité avec des systèmes de réinjection d'eau douce dans des puits ou forages, qui permettent de réalimenter les aquifères.

Quelqu'un dans le public :

Dans votre exposé, vous avez bien situé la politique des grands barrages, puis celle des barrages collinaires, et j'espère que, dans votre esprit, il ne s'agit pas d'une opposition entre deux politiques, mais bien au contraire d'une complémentarité nécessaire. Pour ces barrages, le problème reste quand même l'exploitation, la mainte-

nance et la gestion ; qu'à l'aval de chaque ouvrage, il y ait des exploitants qui utilisent réellement une eau pouvant être disponible à certains moments de l'année pour les barrages collinaires. La question que je voulais vous poser concerne la participation des utilisateurs à la construction et à la gestion de ces ouvrages. Mon expérience, en Algérie qui compte aussi un nombre considérable d'ouvrages, indique qu'au niveau de l'exploitation, il existe un hiatus entre ceux qui ont construit l'ouvrage et les exploitants. Je voudrais savoir si, en Tunisie, il y a une participation des usagers à l'entretien et à l'exploitation, et peut-être même à la réalisation de ces ouvrages ?

Jean-Pierre Montoroi :

Il existe évidemment une complémentarité entre les grands et les petits barrages. Les grands barrages sont des ouvrages conséquents, et les petits barrages viennent en complément. Ils limitent également le ruissellement en aval vers les grands barrages ; il y a donc une interconnexion entre les deux.

Pour ce qui est de la construction, il existe un organisme étatique et une planification. Des sites ont été choisis de cette façon, mais ils peuvent aussi être choisis *via* certains organismes, à la demande des populations, dans un domaine particulier. L'initiative peut donc être locale, mais la décision reste quand même celle d'un organisme de l'État. La participation des paysans, au moment de la construction, peut exister par le biais d'embauche d'un certain nombre de personnels. Pour ce qui est de la gestion même, la surveillance reste à l'initiative de l'organisme constructeur. L'utilisation de l'eau va dépendre de l'organisation sociale existante. Bien évidemment, ces lacs ont un pouvoir de sédentarisation, et les populations qui vont réagir par rapport à cette ressource sont principalement nomades. En Tunisie, il existe des associations d'intérêt collectif (AIC) pour gérer les usages de l'eau.

Maintenant, comme on dispose d'eau, plutôt que de la voir s'évaporer, on essaie de l'utiliser, soit directement en puisant dans le lac, soit indirectement en l'utilisant pour recharger les nappes en aval, en construisant des puits ou en exploitant des puits existants, rechargés par le lac situé en amont. L'eau de ces puits va générer une micro-activité, et ce schéma, reproduit à *x* exemplaires sur l'ensemble du territoire, finit par constituer une activité non négligeable.

Quelqu'un dans le public :

En ce qui concerne l'utilisation, en milieu urbain, d'une eau autre que l'eau potable, il est vrai que Marseille ne se trouve pas dans une situation de pénurie qui force à réfléchir à la réutilisation d'eaux usées pour laver les chaussées ou autres. Par contre, en Méditerranée, un certain nombre de villes ont déjà adopté ce genre de pratiques, notamment en Espagne. Dans les années à venir, la pénurie s'accroissant avec l'accroissement démographique, ces techniques vont être de plus en plus employées.

Tout le monde connaît les problèmes actuels chez Vivendi, et ce système français de délégation de services, qui a fait école dans le monde entier, est en train de subir une crise de confiance. D'une part, comment pensez-vous que vont réagir les municipalités vis-à-vis de la confiance qui a été accordée aux entreprises privées sur ces délégations de service, et d'autre part quel est le risque présenté par le passage de Vivendi à un autre type de structure ?

Jean Foulquier :

Il est à espérer que ce soient des groupes français qui reprennent les actions vendues par Vivendi Universal.

Quelqu'un dans le public :

De façon générale, l'homme était habitué à ne rien payer pour respirer, à ne rien payer pour l'eau, élément naturel dont il peut profiter largement. Il est vrai qu'avec les problèmes de pénurie, de distribution d'eau et de traitement, cette eau devient de plus en plus chère. On aurait tendance à reprocher à tel ou tel gestionnaire le prix de l'eau, mais la question que je pose est : comment pourra-t-on faire passer le message à certaines populations qui, pour l'instant, ne sont pas habituées à payer un prix élevé pour l'eau, que malheureusement l'eau a maintenant un prix ?

Yves Lancelot :

Nous vivons dans une période où nous avons pensé, comme vous venez de le dire, que l'eau nous était acquise. Nous voyons maintenant qu'il va y avoir de plus en plus de problèmes. Or l'eau n'est pas un produit qui a un prix fixe, c'est le service qu'on fait payer. Nous sommes à l'aube d'un grand tournant car, soit il faudra améliorer les conditions de consommation et certainement faire, même dans les villes, des doubles circulations, qui représenteront des investissements considérables, justifiés par les prix qui vont monter, soit il faudra fabriquer de l'eau. Le problème du gaspillage sera aussi à résoudre. Je pense que nous allons vers une gestion de ce problème très différente de celle que nous connaissons actuellement.

Quelqu'un dans le public :

L'eau est quelque chose qui paraît toujours extrêmement simple aux yeux de tout le monde. En fait, si sa formule chimique est simple, la traiter est quelque chose de très compliqué. Nous avons connu, dans notre jeunesse, une période où, par exemple, la ville de Paris filtrait l'eau de la Marne à travers un mur d'alluvions d'une dizaine de mètres. Ensuite, l'eau a été traitée par floculation avec différents agents. Il y a eu une période de recherche de 25 ans qui a été une période de progrès continus, donc d'augmentation du prix de revient.

Quelqu'un dans le public :

J'ai eu l'impression que toutes les discussions s'arrêtaient à la Méditerranée occidentale, en matière hydro-

géologique. L'eau est une denrée essentielle à la vie et, actuellement, l'Algérie connaît une très grave crise de l'eau et de sa distribution, qui va en s'aggravant. Néanmoins, elle possède des ressources souterraines qui peuvent pallier cette gravité. Pour ce qui est de la crise du Moyen-Orient, Israël occupe toujours le Golan à cause de l'eau, et le Sud-Liban à cause des cours d'eau libanais qui alimentent en partie le lac de Tibériade. De fait le conflit israélo-palestinien est fondé à 50 % sur cette problématique de l'eau. Un autre problème se pose avec le contrôle et la régulation des eaux du Tigre et de l'Euphrate, menacés par la construction, par la Turquie, de grands barrages sur ces deux fleuves qui arrosent la Syrie et l'Irak. Est-ce que nous, Méditerranéens occidentaux, pourrions envisager une sorte de charte de l'eau et la déclarer «patrimoine mondial de l'humanité», c'est-à-dire que tous les êtres humains aient le libre accès à l'eau sans pour autant la payer chèrement ?

Jean-Pierre Montoroi :

De toute façon, l'eau génère des conflits et pas uniquement autour du Bassin méditerranéen. On l'observe aussi au Pakistan, en Inde, au Soudan, en Égypte... Tous les grands axes fluviaux ne sont pas forcément inclus dans un seul pays et sont en général sous le contrôle de plusieurs États. Bien évidemment, à cette échelle, il faut qu'il y ait une entente entre les États pour qu'au moins chaque pays puisse satisfaire à sa demande intérieure. On retrouve ce problème de gestion de l'eau à d'autres échelles que celle des États : petit lac collinaire ou parcelle. Dans tous les cas, il s'agit de problèmes de relations humaines, dans un contexte social qui fait qu'on est très dépendant de l'utilisation de la ressource. Quant à l'idée de donner l'accès à l'eau à tout le monde, je crois qu'on ne peut qu'adhérer à cette proposition, mais le problème est que la ressource n'est pas régulièrement répartie dans le monde et donc pas disponible pour tout le monde. Les pays excédentaires peuvent-ils alimenter les pays déficitaires ?

Quelqu'un dans le public :

On construit actuellement un aqueduc entre la France et l'Espagne pour justement amener les eaux du Rhône en pays catalan.

Jean Foulquier (en réponse à une question) :

En ce qui concerne les pertes produites chez l'utilisateur, on peut difficilement les maîtriser. C'est du domaine de la responsabilité individuelle, et, dans la mesure où les gens paient l'eau, ils n'ont pas intérêt à la gaspiller. Par contre, sur les réseaux municipaux, les rendements de réseaux, c'est-à-dire le taux de fuites, sont suivis de façon attentive. Dès que les rendements sont mauvais, on essaie de prendre des mesures : recherche de fuite systématique, renouvellement des conduites fuyantes ; nous disposons d'une panoplie de moyens pour améliorer les rendements de réseau.

Marie-Noëlle Favier :

M. Laugier, nous passons à des notions un peu plus touristiques éventuellement - j'ai lancé la provocation !

Raymond Laugier : voir article à la suite.

Quelqu'un dans le public :

Vous n'avez pas évoqué le problème des nitrates. Certaines eaux minérales ont un taux plus ou moins important de nitrates, or ce sont des eaux qui sont données souvent à des bébés. Mon constat est qu'il est de plus en plus difficile de trouver des eaux à zéro nitrate.

Raymond Laugier :

Proclamer «nitrates : zéro» dans un esprit journalistique revient à déformer considérablement un problème complexe. Les orateurs qui ont pris la parole ce matin ont bien mis en évidence la complexité de tout ce qui touche au domaine de l'eau. Le cas des nitrates entre dans ce contexte multifacettes.

S'agirait-il du lessivage de champs cultivés recevant 400 kg d'engrais nitrates par hectare que deux conséquences s'imposent à la réflexion :

- infiltration dans le proche sous-sol de la fraction d'engrais que la végétation n'a pas fixée ;
- transit pédologique, puis émergence de sources devenant eutrophiques.

S'agit-il d'une eau de surface potabilisée ? La législation française, souvent prise comme référence dans les pays circum-méditerranéens, est claire. Les eaux minérales d'origine profonde, sans contact avec la surface, ne contiennent normalement pas de nitrate. Il est exagéré d'écrire «nitrates : zéro». Nous conseillons l'expression : «inférieure au seuil de détection», restriction impliquant une évolution de la technologie d'identification.

La valeur inscrite au poste «nitrate» sur un bulletin d'analyse est insuffisante pour en apprécier la signification. Du pH et du potentiel électrique, nous calculons le paramètre rH₂, signature de l'état réducteur du milieu aquifère. Le titrage de l'oxygène à la source est un moyen de contrôle. Enfin, la valeur de l'ion NO₃⁻ doit être encadrée par les mesures de l'ion ammonium NH₄⁺ et des nitrites NO₂⁻. Il ne faut pas extraire l'ion NO₃⁻ du contexte de l'aquifère étudié.

Marie-Noëlle Favier

IRD - 213, rue La Fayette 75480 Paris Cedex 10 - France
favier@paris.ird.fr

Raymond Laugier

Irtherme - BP 82 - 95880 Enghien-les-Bains - France

Jean Foulquier

Société des eaux de Marseille - 25, rue Édouard Delanglade - BP 29 - 13006 Marseille - France
jean.foulquier@eauxdemarseille.fr

Jean-Pierre Montoroi

Centre IRD d'Île-de-France - UR 027 Interaction cou-
vertures d'altération-aquifères - 32 avenue Henri Vara-
gnat - 93143 Bondy Cedex - France
montoroi@bondy.ird.fr

Bibliographie (J.-P. Montoroi)

- 1 ALBERGEL J., REJEB M., Les lacs collinaires en Tunisie : enjeux, contraintes et perspectives, *CR Acad. Agric. Fr.*, 1997, **83**, 2, 77-88.
- 2 BERNDTSSON R., *Proceedings of the international seminar «Rain water harvesting and management of small reservoirs in arid and semiarid areas»* (29 June - 2 July 1998, Lund, Sweden), ORSTOM/HYDROMED-SAREC-NFR-Lund University, Lund, Report 3222, 1999.
- 3 MONTORO J.-P., *Tunisie : des petits barrages utiles à la recharge des nappes phréatiques*, fiche d'actualité scientifique, IRD, 141, 2001.
- 4 MONTORO J.P., GRUNBERGER O., NASRI S., Groundwater geochemistry of a small reservoir catchment in central Tunisia. *Applied Geochemistry*, 2002, **17**, 8, 1047-1060.
- 5 RAHAINGOMANANA N., *Caractérisation géochimique des lacs collinaires de la Tunisie semi-aride et régulation géochimique du phosphore*, thèse doctorat univ. Montpellier I, multigr., 311 p., 1998.
- 6 SELMI S., TALINEAU J.C., Des lacs collinaires pour un développement durable en Tunisie semi-aride, *Les Cah. de la Rech. Dév.*, 1994, **37**, 33-46.
- 7 SERVAT E., ALBERGEL J., *Séminaire international Montpellier 2000 «Hydrologie des régions méditerranéennes»* (Montpellier, France, 11-13 octobre 2000), PHI-V Projet 1-1, Doc. Tech. Hydrol., 51, UNESCO Paris-UMR 5569 HydroSciences Montpellier, 396 p, 2001.
- 8 TALINEAU J.C., SELMI S., ALAYA K., Lacs collinaires en Tunisie semi-aride, *Sécheresse*, 1994, **4**, 5, 251-256.

Thermalisme

coordonné par Raymond Laugier

Professeur honoraire des Universités, France

Le thermalisme est mort. Vive le thermalisme !

En France, comme dans le reste de l'Europe, le thermalisme connaît des moments difficiles, créés par la conjonction de tensions politico-administratives, réglementaires et commerciales.

Le thermalisme est un fourre-tout qui englobe géologie structurale, géologie régionale, hydrogéologie, hydrodynamisme, hydrogéochimie (dont nous sommes initiateurs), pollutions anthropique et industrielle, hygiène et confiserie. Ce thermalisme-là ne nous intéresse pas.

Par contre, depuis 1954, nos équipes se sont consacrées aux eaux minérales et géothermales *stricto sensu*. Il est permis de regretter que les établissements n'aient pas perçu ce que pouvaient leur apporter les 32 mémoires de doctorat DESS-DEA et ingéniorat que nous avons initiés, répartis sur 25 années de recherches ininterrompues.

Le thermalisme a été inscrit au programme du colloque. Est-ce raisonnable ? Ce choix se justifie-t-il, alors que se préparent le Symposium de l'université des Nations Unies (Cannes, 3-7 juin 2002), la Conférence de Stockholm (12-15 août 2002), l'Année internationale de l'eau de montagne (Megève, 5-6 septembre 2002), la Conférence de Madrid (novembre 2002), le tout en prélude au Forum mondial de Kyoto en 2003 ?

Dans le cadre de cette session, nous nous efforcerons de démontrer les valeurs de cette forme ancestrale de médication populaire.

VII^e siècle : première renaissance

En 610, Mahomet jette les bases d'une nouvelle religion dont les rites comportent la pratique des ablutions corporelles, d'où un rapprochement des thermes romains ruinés, qui sont reconstruits. Débute alors un élan de réhabilitation qui remonte les vallées des grands fleuves, Danube et Rhin notamment.

La fréquentation du bain, véritable pratique thermique, fait profiter la population des acquis de la médecine arabe, la plus avancée de son temps.

XIX^e siècle : seconde renaissance

Napoléon III est attiré par l'Antiquité, tout ce qui se rapporte aux ruines des thermes romains retient son attention. Instigateur de la construction du réseau de chemin de fer, il multiplie les petites lignes permettant de desservir le plus grand nombre de «bains».

Les établissements thermaux adoptent une architecture rappelant les fastes de l'Orient. Le thermalisme prend un aspect mondain, politique.

L'analyse des eaux minérales se développe : physique, chimie, géologie prennent naissance aux dépens des cabinets de curiosité. L'analyse est remarquable pour l'époque : densité, point cryoscopique, acidité, alcalinité, viscosité, température, sont mesurés systématiquement. Les gaz font l'objet d'une attention particulière.

Le thermalisme aux Armées

Dans un lointain passé, les armées, formées de la réunion d'aventuriers, vagabonds et brigands, étaient louées pour la durée d'une bataille, puis congédiées.

Les blessés abandonnés à leur sort tentaient de se diriger vers les villes où des sources bienfaisantes avaient reçues le nom d'eaux d'arquebusades. Ainsi naquit le thermalisme militaire, initié par Charlemagne en l'an 800.

Saint Louis subventionna la construction des hôpitaux d'Ax-les-Thermes et Luz-Saint-Sauveur.

François I^{er} fit aménager en hôpital les abris précaires de Bourbonne-les-Bains, Bagnères-de-Bigorre, Luchon, Plombières.

Cette forme de thérapeutique connut son apogée après la Grande Guerre, période d'acquisition en pleine propriété par le ministère des Armées.

Après le second conflit mondial, en Allemagne fédérale, toute victime de guerre, civile ou militaire, avait droit à une cure.

En 1972, après une ruineuse rénovation et son équipement en centre d'exploitation fonctionnelle de rêve, l'hôpital militaire de Bourbonne ferme, quelques mois après son inauguration. C'est la fin du thermalisme militaire.

Connaissances des eaux minéralisées

C'est d'abord une question de terminologie. L'à-peu-près est devenu une religion. Les eaux «thermo-minérales» ne répondent pas à une définition compatible avec le contexte de leur origine.

Certaines peuvent être minérales, plus chargées en sels dissous que l'eau potable, sans émerger à une température élevée. D'autres, jaillissent à une température proche de l'ébullition, sans être très chargées. Joindre les caractères thermal et minéral n'est qu'une démarche commerciale propre à faire labelliser n'importe quelle eau.

Nous rejetons le pseudolabel «thermo-minéral».

Classification des eaux minérales

Pline l'Ancien et son neveu, observateurs consciencieux, ont été de géniaux précurseurs, modèles de référence pour le thermalisme du XIX^e siècle dont les acteurs lisaient *De natura rerum* dans le texte. Pour cela, ils faisaient le voyage de Rome où ils se rendaient à la bibliothèque vaticane.

Depuis, le thermalisme n'a rien fait d'autre que de paraphraser, offrir des complications inutiles ; il n'a rien apporté de nouveau en dépit du progrès scientifique accompli entre-temps.

Dans un établissement, l'eau se vend sous forme de boissons, bains, pulvérisations, etc. Le chiffre d'affaires doit être défendu, contre toute concurrence notamment. Offrir une eau simplement bicarbonique n'est pas un argument suffisant de décision pour drainer les patients vers une station précise. Se dégage alors le critère de la source la plus bicarbonique. Ce «plus» fonctionne assez bien pendant un certain temps, puis s'essouffle. Qu'à cela

ne tienne, certaines eaux seront vantées pour leur caractère oligo-élémentaire : elles seront les moins bicarboniques. Nous rejetons de telles pratiques.

L'analyse des eaux minérales. Bref historique

Le 23 mai 1605, Henri IV, roi de France et de Navarre, nomme La Rivière premier médecin royal en qualité de surintendant général des fontaines et bains du royaume.

Le 25 avril 1772, Louis XV, roi de France, crée la Commission royale de médecine dont trois membres sont spécialement désignés pour «veiller en qualité d'inspecteurs généraux des eaux minérales sur toute les eaux déjà connues, faire des recherches pour en découvrir de nouvelles, s'il y a lieu en faire l'analyse pour déterminer les vertus, en donner le précis au public après en avoir fait le rapport à la Commission, et que le tout y aura été examiné et approuvé».

Le 26 mai 1780, la Commission dissoute fait place à la Société royale de médecine, elle-même remplacée par l'Académie royale de médecine.

Les bases immuables du thermalisme sont posées. Elles n'en diffèrent de nos jours que par des détails.

Évolution de la démarche analytique

Lorsque, dès 1834, les disciplines des sciences de la Terre se dégagent progressivement, l'analyse se réfère aux classes décrites par Pline l'Ancien.

Dans l'esprit du moment, la démarche analytique est orientée vers les critères :

- organoleptiques : odeur, saveur, turbidité, coloration ;
- physiques : densité, point cryoscopique, viscosité, acidité, alcalinité, température, résistance électrique ;
- la déclinaison des cations et anions, pH et redox, gaz dissous n'intervient que plus tard.

Les commerciaux veillent : se soumettre à l'analyse obligatoire et qualifiante, soit, mais il faut sauvegarder le chiffre d'affaires et complaire à la clientèle. Dès lors la profession est dévoyée. Elle s'installe dans cette situation, et fleurissent les eaux les plus sulfatées, les plus bicarbonatées etc. Ajoutons à ce contexte la commercialisation de confiseries, pâtisseries confectionnées à l'eau thermale, et le fossé ouvert entre science et fiction s'élargit de jour en jour. La confusion et le doute s'installent.

La sanction devait arriver un jour ou l'autre. C'est désormais chose faite.

Faiblesse de la démarche analytique

Constat

Une analyse débute par une prise d'échantillon, par exemple 65 °C (Wiesbaden), plus de 85 °C (Chaudes-Aigues et Plombières). Après transport en glacière à 4 °C, puis attente, le prélèvement est traité dans l'ambiance du laboratoire à 20-22 °C, dans la plus parfaite indifférence envers les critères de solubilité des ions en solution aqueuse.

Exemple : sulfate de calcium

La solubilité du sulfate de calcium, fonction de la température, se traduit par une courbe en cloche, ce que néglige le thermalisme, considérant que les minéraux sont hydrosolubles sans limitation.

Température (°C)	0	20	38	99
Gypse CaSO ₄ ·2H ₂ O (g/l)	2,4	2,52	3,14	2,2
Variation (%)	base 100	+5 %	+30,8 %	-8,3 %

Cette session travaillera à rédiger une série de recommandations sur la titration de l'ion sulfate, qui devra prendre en compte la diversité des techniques usitées. Il raisonnera en hydrochimiste, tiendra compte de la minéralisation globale, notamment de la fraction chlorurée-sodique qui permet d'outrepasser la limite de solubilité thermodépendante.

Le Conseil scientifique du Colloque, destinataire des travaux de la session, usera de son audience dans le monde scientifique pour faire adopter et appliquer cette directive par tous les laboratoires périméditerranéens.

Notre doctrine

Deux démarches sont à prendre en considération :

- ♦ L'eau potable, généralement issue d'un prélèvement en rivière est un fluide à l'équilibre oxydoréducteur et calco-carbonique. Son analyse partielle ou complète peut être automatisée à tous les postes de la chaîne de traitement.

Il en va tout autrement de l'eau minérale d'origine profonde, chaude, jaillissante en l'état réducteur, acheminée à 4 °C, réchauffée, après un délai de transport, à la température ambiante du laboratoire (20-22 °C). Les données de l'analyse sont généralement délivrées sans autre correction que celles du pH et de la conductivité.

Nous attacherons la plus grande importance aux «signatures», c'est-à-dire la valeur de tel élément, l'azote gazeux par exemple, qui figure au bilan de la composition d'une eau réputée profonde, alors qu'il est apporté avec des pluvio-infiltrats d'origine superficielle.

- ♦ Le rapport Na/Cl doit, en principe, être égal à l'unité. Toute situation conduisant à constater un excès de Na⁺ doit le porter au compte de HCO₃Na. Comme l'ion HCO₃⁻ ne peut se trouver dans le sous-sol à l'état d'un gisement minéral fossile et qu'il se forme à mesure de sa genèse, il faut dégager la signature du gaz carbonique crustal, CO₂ libre, dissous et agressif, issu du socle cristallin. Ainsi, le soubassement granitique d'âge hercynien apparaît-il comme la réserve de CO₂.

Les innombrables fractures et fissures qui morcellent la croûte permettent la dissipation du gaz, phénomène banal, mais si peu appréhendé au cours des analyses.

Crédibilité des bulletins d'analyse

La plupart des laboratoires, quel que soit leur niveau accréditif, ne procèdent pas à une analyse hydrogéochimique. Ils satisfont seulement à une démarche d'ordre administratif et réglementaire : C1, C2, C3... D'hydrologie, point.

L'échantillon est certes disséqué, mais aucun lien n'est établi avec les formations géologiques donatrices de la minéralisation délivrée, ni du processus de mise en solution : dissolution directe ou indirecte, hydrolyse échange de bases, cas plus fréquent qu'on ne le suppose.

Avant toute démarche analytique, il est pourtant obligatoire :

- de fixer les caractères physiques d'une eau émergente : température, pH, potentiel redox, résistivité/conductivité, oxygène dissous ;
- d'opérer un échantillonnage spécifique pour l'analyse des gaz : CO₂, radon et ses descendants ; éléments stables dans leur milieu mais instables au contact de l'atmosphère : hydroxydes métalliques, espèces réduites du soufre et de l'azote.

Ces opérations sont à réaliser sur place, en écoulement libre.

Au laboratoire, l'analyste réétalonne les paramètres saisis *in situ*. Il ajoute le calcul du paramètre rH2, évalue l'équilibre calco-carbonique par référence à la théorie des eaux naturelles, telle qu'énoncée par L. Legrand et G. Poirier.

Le géologue, qui est compétent en minéralogie, se prononce sur les données muettes ; il met en évidence :

- le caractère mono ou polygénique de l'eau sous analyse, énumère les héritages cumulés dont la somme s'exprime par la minéralisation globale ;
- les apports du socle cristallin : gaz carbonique et radionucléides ;
- la pH-dépendance de la silice dont la forme SiO₂ est inconcevable dans toute eau, minérale ou non.

Nous nous appliquerons à attirer l'attention du Conseil scientifique sur l'urgence ressentie, après un siècle d'égarés physico-chimiques, de renoncer à prolonger l'usage de bulletins d'analyse destinés à l'usage thérapeutique qui sont, dans leur formulation actuelle, en contradiction avec les données de l'hydrogéochimie.

Un modèle est proposé, imposant :

- la saisie des paramètres physiques sur place ;
- leur réétalonnage au début du traitement de l'échantillon au laboratoire ;
- les calculs impliquant une correction thermique.

Le pourcentage de saturation sera privilégié en substitution des unités du système métrique.

Production et stockage des eaux minérales

(R. Laugier)

La production d'une eau souterraine consiste le plus souvent à la recueillir à l'air libre et l'exposer à l'oxygène atmosphérique. Ce premier point est fondamental. Pourtant, il échappe complètement aux agents commerciaux ou hôteliers qui dirigent les établissements dans nombre de pays de tradition latine.

La dénaturation de la minéralisation d'une eau destinée à l'usage médical comprend plusieurs aspects :

- évaporation des gaz thermaux ;
- cristallisations carbonatées ;
- production de dépôts de boues métalliques.

Elle se traduit par des incidents de distribution :

- entartrage des pompes ;
- dépôts pariétaux et stalactiformes ;
- incrustation des canalisations tubulaires.

En conséquence, la minéralisation initiale de l'eau est modifiée dans le sens d'une diminution. Ce constat est en contradiction avec le concept médical du médicament thermal, dont la composition n'est plus maîtrisée.

Elle n'est pas seulement diminuée ; elle est devenue aléatoire car la dynamique du processus n'est pas établie.

Cette situation signe :

- une inadéquation du couple captage/adduction ;
- une insuffisance de qualification et du nombre des personnels chargés de l'entretien, puisque ce phénomène facile à observer n'a pas joué le rôle de signal envers qui que ce soit.

De même, notre prudence et notre souci de rigueur vont plus loin, puisque les dépôts cristallins intracanalisation sont autant de niches écologiques ouvertes à une vie microscopique active et hiérarchisée : infusoires, ciliés, diatomées, algues, cryptogames et bactéries.

Les gaz qui sont brassés au cours de l'écoulement turbulent s'évadent et sont perdus pour la thérapeutique.

Le médecin thermal est tenu à l'écart de toute information ; il prescrit dans la plus totale ignorance de ces processus.

Adduction et stockage des eaux minérales à l'abri de l'air

(Nicole Riedle, D'Ing Prof Privat Dozent, Allemagne)

Les modifications du contenu en minéraux et gaz d'une eau destinée aux cures médicales peuvent avoir pour conséquence de provoquer des dépôts cristallisés dans les canalisations, pompes et autres appareillages.

Cette situation entraîne une diminution de la qualité de l'eau, qui ne répond plus aux attentes du prescripteur médical, tenu bien entendu dans l'ignorance de la situation. En outre, cela implique un alourdissement des procédures d'entretien et de désinfection, notamment en raison du dépôt de carbonates, hydroxydes ferrugineux, boue sulfurée, etc.

En même temps, les gaz dissous s'évadent ; ils provoquent des turbulences oxydatives en présence d'air qui

permet l'introduction de gaz étrangers au domaine thermal dans l'eau minérale elle-même.

Après les calculs d'équilibre entre CO_2 , H_2 , H^+ , HCO_3^- , et CO_3^{2-} , l'analyste constate la nécessité d'apporter une quantité non négligeable de CO_2 pour équilibrer le Ca^{2+} en solution. Au-delà de ces constatations, il faut prendre en compte, dans le cas des eaux fortement minéralisées, que solubilité et dissociation sont influencées par la présence d'autres ions.

Il faut prendre en compte le soufre labile dans ses deux principales formes : hydrogène sulfuré et soufre élémentaire, ce dernier étant déjà sous influence de l'oxygène atmosphérique.

Ainsi n'y a-t-il pas lieu de vanter, auprès des patients, le mirage des «eaux bleues» dont il est fait grand cas dans certaines villes thermales. Il ne s'agit que de constater le début de la dénaturation de l'eau minérale extraite de son gisement...

Au travers d'autres réactions, le soufre élémentaire peut encore réagir, se combiner et parvenir à des formes stables et tardives, telles que les sulfates.

L'eau minérale est un médicament et doit être présentée aux patients dans ses forme et composition naturelles afin de parvenir à l'action guérissante attendue. Cela ne se conçoit que dans la mesure où l'eau de la source prélevée à son point d'émergence est adductée d'une façon rigoureuse. La composition de l'eau ne doit révéler aucune différence entre le point d'émergence et celui de la distribution aux postes de soins.

L'exemple de la municipalité de Wiesbaden

Postérieurement à 1950, la nécessité de réparer les dommages survenus pendant les hostilités a conduit la municipalité de Wiesbaden à reconsidérer ce qui restait de son patrimoine historique hydrothermal : sources, établissements-hôtels, bains impériaux.

Depuis le XV^e siècle, une particularité des États riverains du Rhin consistait à concéder à divers hôtels une source minérale géothermale. Ainsi en est-il à Baden-Baden où les baignoires débitent, aujourd'hui encore, eau froide, chaude et thermale, dans des chambres touristiques. Un bloc médical est attaché à l'hôtel.

Pour ce qui concerne Wiesbaden, la ville réunit la compétence des autorités universitaires en vue d'une rénovation totale. Plusieurs décisions ont été prises :

- ◆ Des 65 sources tièdes, chaudes, moyennes et très chaudes, cinq seulement ont été retenues ; d'autres ont été classées mais n'ont pas été rééquipées ; le reste a été rejeté à l'égout.
- ◆ Les sources choisies ont été :
 - recaptées ;
 - prolongées par forage ;
 - cimentées à l'extrados ;
 - tubées en acier inoxydable, revêtu d'un enduit vitrifié.
- ◆ Les sources ont été coiffées d'un chapeau hermétique doublé d'un velux.

- ♦ Les établissements de soins ont été reconstruits à 11 km du centre ville, sur une hauteur, le dénivelé étant de 180 m.
- ♦ Le débit disponible étant supérieur aux besoins, la décision a été prise de ne pas stocker l'eau par pompage nocturne suivi d'une utilisation diurne. L'alimentation des établissements se fait par refoulement de bas en haut, la canalisation calorifugée étant disposée dans une galerie souterraine visitable et circulaire sur toute sa longueur. En surface, une large bande de terre, pelouse ou forêt, a été aménagée, interdite à toute construction superficielle ou souterraine. La canalisation était constituée de tubes en acier inoxydable de haute qualité, revêtue à l'intérieur d'un enduit silicaté vitrifié. Le matériau des joints d'assemblage a été choisi pour son inertie chimique.
- ♦ Gaz thermaux : l'eau des sources de Wiesbaden est saturée en gaz carbonique. Un excès abondant se dégage, rendant incommode l'exploitation d'un tel fluide. Ces excès sont, en plus, sulfurés.

Ce fut l'intervention de Klaus Riedle, fondateur de Balneatechnik, qui permit de surmonter les difficultés (brevet) : l'eau fut stabilisée par introduction d'azote sous pression calculée, de façon que les gaz (CO_2 , H_2S et radon principalement) ne puissent dégager. Ce procédé a aussitôt été mis en application dans toute l'Allemagne et les pays limitrophes, à l'exception de la France qui préfère toujours laisser bricoler les agents des services d'entretien. Sans commentaire.

Inadéquation de la titration des thiosulfates et sulfites par la méthode électrométrique

En 1978, G. Popoff s'est intéressé à la détermination des différentes espèces réduites du soufre. Une technique novatrice était proposée. Reconnue méthode de référence par l'Académie de médecine (1986), son grand intérêt est de différencier sulfures, thiosulfates et sulfites.

La méthode est basée sur la précipitation des espèces réduites du soufre sous l'action des ions mercuriques. L'électrode spécifique est constituée par le couple $\text{Ag}/\text{Ag}_2\text{S}$. Sa structure la rend sensible et réversible aux sulfures. Une interférence aux ions mercuriques lui donne le rôle de « capteur électrochimique » de cette espèce en milieu neutre. Chaque espèce est représentative d'un saut de potentiel défini.

Remarques

- ♦ Dans la méthodologie initiale, l'addition d'acide acétique pour le dosage des espèces sulfoxydes est réalisée à -300 mV. Cette valeur correspond à l'arrivée d'une zone plateau (l'addition de titrant conduit à une infime variation de potentiel) qui caractérise la fin de la titration de l'ensemble des espèces sulfurées. Il est imprécis de se fier à des mesures de potentiel dépendantes de la nature et de l'état de l'électrode spécifique, de la matrice de dosage. Les inflexions ne sont pas caractéristiques d'un potentiel précis. Un composé donné possède un propre saut de potentiel Y qui évolue entre Y ± 50 mV. De plus, la valeur finale représentative de la zone plateau diffère selon la nature des sulfures présents : -300 mV en l'absence de thiols, -200 mV en leur présence. Des volumes excédentaires d'ions mercuriques sont additionnés. Arrêter la manipulation dans une zone donnée n'est pas envisageable, des espèces mineures sont susceptibles de disparaître au bilan final. La définition d'un point d'arrêt de potentiel est trop assujettie à la courbe de titration.
- ♦ De nombreux essais ont été opérés avec des solutions pures de thiosulfates et de sulfites (ressources hydro-minérales du bassin de Paris, *Presse thermique et climatique*, 1998, 4^e trimestre, n° 4). La stœchiométrie de la réaction des thiosulfates est de $X=1,7$. Or la valeur $X=2$ est indiquée dans les données techniques de référence. La stœchiométrie de la réaction des sulfites n'a pu être déterminée avec certitude. Estimée entre 2,3 et 2,8, elle ne correspond pas aux données de référence.
- ♦ L'électrode de mesure est employée comme capteur électrochimique des ions mercuriques en milieu neutre. Cette espèce est considérée comme empoisonnante par le fabricant. Il est difficile de concevoir qu'une méthode analytique soit basée sur l'interférence d'un ion avec son électrode de mesure. Une succession de dosages d'espèces sulfoxydes contribue à diminuer la qualité réceptive de l'électrode. Un nettoyage entre chaque mesure n'est pas suffisant. Seule une immersion dans une eau sulfurée pendant quelques minutes conduit à une réinitialisation de l'électrode. Cette étape supplémentaire ne peut engendrer que des soucis de manipulation et d'interprétation.
- ♦ L'ensemble de nos recherches nous amène à penser que la méthode électrométrique est inadéquate à la titration simultanée des espèces sulfurées et sulfoxydes. Ces dernières peuvent être dosées séparément par chromatographie ionique ou électrophorèse capillaire.

Sur les lieux de la célèbre bataille de l'Antiquité : la source géothermale sulfurée des Thermopyles (Konstantin Garagunis et M. Kollias, univ. nat. techn. d'Athènes, Grèce ; Raymond Laugier, Irtherme, France)

C'est la plus importante source d'eau chaude du monde méditerranéen dont il s'agit. Son débit est celui d'une rivière ; il est estimé à $1 \text{ m}^3/\text{s}$ et varie selon la saison. La force hydraulique a été utilisée dans le passé pour actionner un moulin.

La source jaillit d'une vasque karstique, à ± 10 m au-dessus du niveau de la mer, dont elle est éloignée de moins de 100 m.

L'eau est inclassable, que ce soit au point de vue physique, chimique ou minéralogique, tant les domaines

marin, karstique, cristallin et volcanique jouent un rôle important dans sa minéralisation totale.

De ses trois héritages géochimiques, la source a acquis le caractère polygénique qui lui est propre (fig. 1).

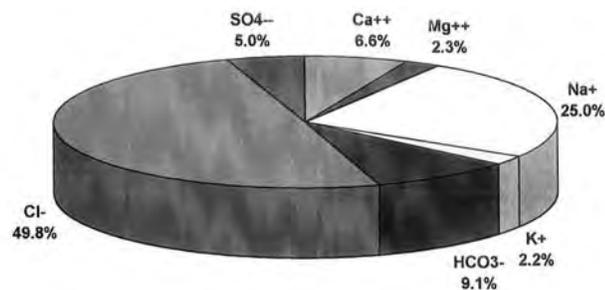


Fig. 1

Un projet pluridisciplinaire et pluri-universitaire, piloté par K. Garagunis et R. Laugier, repose sur la réunion d'un groupe de spécialistes et le soutien des autorités périméditerranéennes.

La source des Thermopyles abrite une étonnante population d'hydrophytes microscopiques :

- phaeophycées eury et sténosalines ;
- cyanophytes affines à l'ion SO_4^{2-} , dont l'activité est liée à la durée du jour : développement hivernal et fructification de stromas pigmentés en février ;
- chlorophytes signataires de l'azote nitrique ;
- sulfobactéries enfin, apparentées au groupe *Thiothrix*.

Ces populations ne se développent pas en même temps mais selon un processus échelonné, sont dominantes ou dominées, halophiles ou non. Elles méritent une étude biologique approfondie dans leur cadre naturel, polygénique, comme il a été écrit précédemment.

Eaux «sulfureuses» calciques

Eaux «sulfureuses» sodiques

Les sulfures de calcium ou de sodium qui n'existent pas dans la nature, sont obtenus par fusion au four électrique.

Nous rejetons les dénominations «eaux sulfureuses», et leur caractère sodique ou calcique.

La rétrogradation des sulfates en sulfures exige une chimiodisponibilité d'énergie biologique, ce qui n'est pas démontré.

Les eaux minéralisées surchargées de soufre réduit s'inscrivent dans des environnements minéralogiques aussi diversifiés que :

- cristallin : plate-forme granitique hispano-lusitanienne et front de chevauchement nord-pyrénéen ;
- volcanisme actif : Etna, archipel éolien, Vésuve, mer Egée ;
- sédimentaire tropical : Mangrove, Île-de-France, Tyrol ;
- sédimentaire hydrocarboné : asphaltes, bitumes, kéra-bitumes, Pyrénées, Jura, Alpes, Aquitaine.

Le soufre réduit est apporté par l'hydrogène sulfuré accompagné des polysulfures. En milieu hydrocarboné, il s'agit des thiols et de toutes les autres protéines sulfurées.

Thiosulfates et sulfites ne sont que des formes dénaturées par le contact à l'oxygène atmosphérique dissous dans les pluvio-lessivats.

En milieu cristallin, l'eau sulfurée remonte aux éponges de filons de pegmatite graphique. Pour cette raison, le sodium est majoritaire et le pH, alcalin.

Le dosage du soufre total doit être abandonné et le soufre réduit titré dans tous ses états.

Les eaux sulfurées alcalines pyrénéennes

La genèse des eaux sulfurées alcalines dénommées traditionnellement et par erreur «sulfureuses sodiques», relève de la métasomatose, réaction d'échange se produisant entre des minéraux soumis à un métamorphisme dont le gradient diffère nécessairement d'un lieu à un autre, le long de la chaîne pyrénéenne :

- talc dans l'Ariège : Barèges et Luzenac ;
- graphite et tourmaline automorphe à Bagnères-de-Luchon ;
- marmorisation des roches carbonatées à Barèges ;
- schistosité des marnes (ex. : Capvern).

La métasomatose des leucogranites (J. Lameyre, 1966) débouche sur la mise en place de filons de pegmatite graphique développés aux parois des grandes fractures. Leur diamètre est habituellement décimétrique, mais ils peuvent atteindre 20 m, notamment à Bagnères-de-Luchon où un tel filon a été creusé pour y installer le *vaporium* des thermes antiques.

Le pH des eaux minérales sodiques varie entre 8,3 et 9,8 (Cambo-les-Bains).

Quant à leur sulfuration, il s'agit d'une minéralisation supplémentaire, proportionnelle au gradient métamorphique qui se superpose à l'héritage géochimique primitif.

Les eaux minérales et géothermales de la Bourboule : activité nucléaire

(Stéphanie Ugo, université d'Avignon, France)

Le radon est un gaz radioactif produit par la désintégration du ²²⁵radium. Il est présent dans les eaux naturelles ayant traversé un massif cristallin, granitique. C'est un émetteur *alpha* qui est retenu par une simple feuille de papier à cigarette. Il est donc très peu pénétrant.

Dans les régions granitiques dont la fissuration est oblitérée par des filons de pechblende, minerai le plus banal fournissant l'uranium industriel, la concentration en radon des habitations peut atteindre des valeurs inquiétantes. Aussi, le problème de la maîtrise de la teneur en radon de l'ambiance des établissements thermaux s'est-il posé au cours de ces dernières années.

La Société d'exploitation des grands thermes à La Bourboule (Puy de Dôme) a bien compris l'importance

de ce nouveau paramètre relatif à la sécurité des patients et des personnels.

Une élève ingénieur des universités de Nice et d'Avignon a été accueillie pour la durée de son stage de fin d'études. Le programme a consisté à mesurer le radon dans tous les locaux souterrains, aux étages et jusqu'aux combles. Des enregistreurs moyen terme ont été mis en place.

Ont participé à la direction du programme de cette étude le Commissariat à l'énergie atomique, la Société des eaux minérales de La Bourboule, l'Institut de recherches thermales d'Enghien-les-Bains.

La présentation du mémoire de synthèse, devant la commission d'examen, en Avignon le 26 juin 1998, a précédé de trois années la rédaction de la circulaire ministérielle de septembre 2001, complétée en mai 2002.

Titration du dioxyde de carbone dans le proche sous-sol (La Bourboule, Puy de Dôme, France)

(J.-P. Gibert et Raymond Laugier, *Actualités de l'hydrologie*, France ; Séverine Rouget, Institut géologique Albert de Lapparent, France)

La recherche du dioxyde de carbone dans le proche sous-sol est une technique qui nous vient d'outre-Rhin où elle a connu un très vif succès dès les années cinquante, période coïncidant avec la reconstruction des dommages de guerre.

Ayant été chargé d'une mission dans la zone d'occupation française, l'un de nous (R. Laugier) a pu, à cette occasion, prendre la mesure de tout ce que peut apporter cette méthode de prospection facile à adapter aux besoins du thermalisme.

K. Sauer, professeur aux universités de Fribourg-en-Brisgau et Heidelberg, président du service géologique de Bade-Wurtemberg, professeur associé à l'université de Strasbourg, nous fit en son temps l'honneur de procéder, sur le site de Châtel-Guyon, à la première démonstration faite en France, et notamment en Auvergne.

La démarche consiste à :

- foncer des sondages d'une longueur d'un mètre, dépoussiérer et tuber ;
- descendre un capteur au fond du trou ;
- pomper 100 ml d'air, le faire passer sur le détecteur et lire directement la concentration en dioxyde de carbone.

La zone prospectée couvre la totalité de la vallée de la Dordogne, du mont Dore au périmètre urbain de La Bourboule. Au total 670 mesures ont été réalisées.

Les résultats ont été interprétés en courbe d'équipotentialité (fig. 2). Non seulement la cartographie des émetteurs de CO₂ révèle des alignements conformes aux grands alignements structuraux, mais, fait nouveau, les arrivées de gaz ont été classées selon leur caractères instantané, intermittent ou continu.

Le choix d'un emplacement propice au fonçage d'un sondage de reconnaissance est désormais guidé selon des arguments géochimiques.

Les usines d'embouteillage «clef en mains» Expérience d'un expert

Dans les pays dont l'aridité est la principale caractéristique, les facteurs géographique et climatique élèvent la production de l'eau de consommation humaine à la hauteur d'une préoccupation nationale. Des constructeurs sillonnent ces vastes espaces, non sans profit. Au royaume des mirages, ils proposent des usines «clef en mains» dans un contexte d'illettrisme profond.

Depuis un demi-siècle, nous sommes souvent amené à auditer de telles situations lorsque l'échec est consommé.

Le point d'eau producteur est aussi diversifié que : rivière karstique, forage d'exploration pétrolière délaissé, puits traditionnel.

Entre le point d'eau producteur et la soutireuse s'interpose toute une série de postes de :

- filtration primaire ;
- chloration / déchloration ;
- ozonification ;
- microfiltration sur charbon actif ;
- filtration finale sur céramique ;
- rayonnement UV.

Le laboratoire fièrement dessiné sur les plans est confié à un personnel quasi analphabète dans la langue du pays concerné. Le matériel, issu de dons de toutes les ONG, est infonctionnel, les pièces détachées n'étant pas livrées pour cause de non paiement. Cette curieuse situation, qui se veut une phase de développement, s'étend des rivages de l'océan Indien au cap Vert.

Notre recommandation est de ne pas céder au chant des sirènes. Ces constructeurs sont la honte des pays qui apportent au sous-développement une aide purement virtuelle.

Périmètre de protection

Un certain nombre de stations thermales, plus élevé qu'on ne pense, sont simplement dépourvues de périmètre de protection sanitaire. Les villes se soumettent de mauvaise grâce à cette obligation qui, pour être incontournable, demeure néanmoins totalement dépourvue d'efficacité.

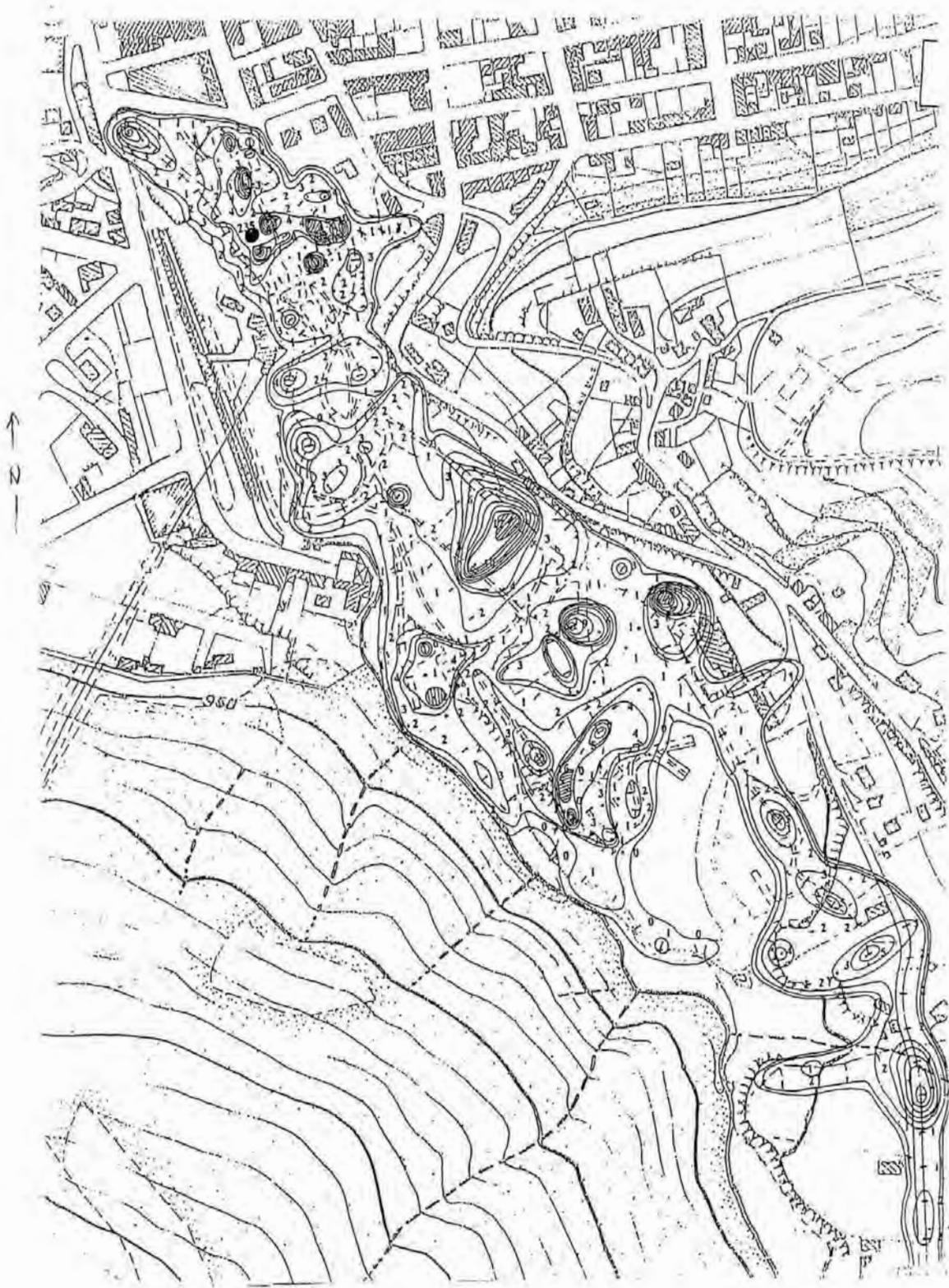
La délimitation d'un périmètre de protection doit répondre à des critères hydrodynamiques. Nous évoquons deux solutions concernant deux types de situations distinctes, qui sont de véritables cas d'école.

1 Protection des sources de Kamena-Vourla

(Konstantin Garagunis et P. Kollias, univ. nat. tech. et scient. d'Athènes, Grèce)

Le principe de la démarche repose sur (fig. 3) :

- la mise en place d'une batterie de piézomètres ;
- l'intervention d'un topographe ;
- une production d'eau minérale ajustée à la demande saisonnière ;



*Fig. 2 : cartographie du dioxyde de carbone, périmètre thermal à la Bourboule
(Sevéline Rouget, Mém. Ing., soutenu le 23 juillet 2002, IGAL)*

- la géométrie du cône de rabattement stabilisé pour chaque prélèvement sur l'aquifère ;
- la vitesse de transit de l'eau selon l'importance du débit appelé ;
- la durée de survie des bactéries pathogènes pour l'homme (Knorr, 1956).

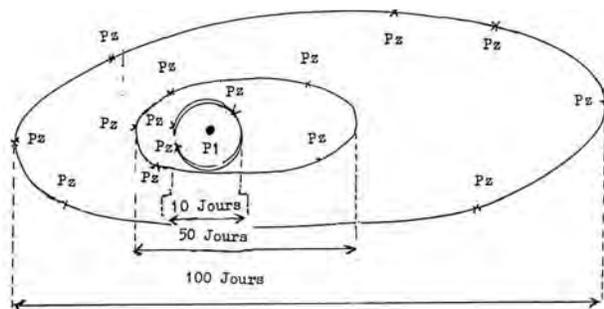


Fig. 3 : détermination des périmètres de protection en fonction de l'hydrodynamisme d'un aquifère sous pompage.

Pz : piézomètre d'observation ;

P1 : territoire traversé en 10 jours de pompage ;

P2 : territoire traversé en 50 jours de pompage ;

P3 : territoire traversé en 100 jours de pompage.

La protection recherchée s'exprime moins en termes de surface qu'en raison de la durée du parcours effectué par un agent microbien pathogène pour couvrir la distance séparant la ligne de stagnation et le point d'extraction.

Les principes dégagés par les auteurs, publiés dès 1994 dans la *Presse thermique climatique* (2^e trim., n° 2) sont remarquables, frappés au coin du bon sens, de la rigueur et de la simplicité des modalités de leur réalisation.

2 L'exemple des Sociétés d'eaux minérales de Contrexéville et Vittel

Il y a trente ans déjà, bien avant qu'elles soient rattachées au groupe Nestlé, les deux sociétés avaient, chacune en ce qui la concernait mais de concert, institué une politique de protection de la ressource minérale reposant sur diverses mesures, constatant :

- que les marno-calcaires du Muschelkalk, le réservoir d'eau minérale, absorbent les pluies et nivo-infiltrats ;
- qu'ils les stockent dans le réseau fissural où ils se rassemblent en une nappe aquifère ;
- que celle-ci acquiert sa minéralité aux dépens des carbonates et des sulfates ;
- que les calcaires restituent le trop-plein aux griffons des sources historiques ;
- qu'ils délivrent un volume d'eau minérale complémentaire et important par soutirage à partir des forages d'exploitation.

Cette situation impliquait la prise de mesures conservatoires :

- déplacer les dépôts communaux d'immondices et ordures ménagères ;
- nettoyer les carrières abandonnées ;
- promouvoir des accords bilatéraux souscrits entre les deux Sociétés d'eaux minérales et chaque agriculteur ;
- éloigner les animaux du pâturage ;
- convertir les prairies en prés à faucher, les priver de tout amendement chimique ou organique, naturel ou de synthèse.

L'importance des investissements impliquait la mise en place d'un programme annuel d'acquisitions foncières et d'indemnités diverses.

L'espace protégé se mesure en km². L'initiative s'est montrée à la hauteur des espérances placées en elle.

Un éclairage singulier sur l'avenir : l'Institut Fresenius, fondé en 1848

(Raymond Laugier, Actualités de l'hydrologie, France)

Cent vingt ans avant que le concept environnemental fleurisse sur les montagnes de pavés de 1968, Carl Remigius Fresenius fondait un laboratoire d'analyse qui déjà se penchait sur les problèmes liés à la protection du milieu naturel. C'était l'époque au cours de laquelle des centaines de cheminées industrielles montaient à l'assaut du ciel, le couvrant de fumée nauséabonde.

L'Institut Fresenius, ce sont 26 laboratoires régionaux en Allemagne, Autriche et Russie. Un seul à Paris, trop discret à notre point de vue. Ce sont aussi 600 collaborateurs à temps complet. Auprès de cet Institut renommé, les étudiants viennent acquérir un diplôme estimé à la hauteur de la compétence exceptionnelle de leurs maîtres.

L'Institut Fresenius travaille dans tous les domaines de l'eau : potable, industrielle, destinée à la santé aussi. Et dans ce cas particulier, les eaux minérales embouteillées et les eaux thermales sont étudiées dans un département qui a fait de Fresenius la référence de toute l'Europe. Il est bon que les pays périméditerranéens s'en souviennent.

Il est certain que, si le thermalisme français s'appliquait à moins ciller, il trouverait dans la compétence de l'Institut Fresenius, un motif à surmonter les difficultés dont il vit au quotidien les néfastes effets.

L'Institut Fresenius s'est assuré la collaboration du D^r P^r Horst Kussmaul, en qualité de directeur scientifique. Docteur ès sciences, docteur en écologie, membre de plusieurs groupes de travail du Conseil de l'Europe.

Résolutions

Le discrédit qui frappe le thermalisme repose principalement sur :

- l'inadéquation de la prise des échantillons aux conditions de leur traitement ultérieur au laboratoire ;
- l'ignorance du rôle joué par le processus de l'hydrolyse ;
- un horizon borné à une conformité administrative.

Le renouveau espéré du thermalisme repose d'abord sur la révision complète de la démarche analytique devenue conforme aux contextes minéralogique, pétrographique, géochimique, spécifiques au point d'eau producteur. Cette optique nouvelle conduira à faire apparaître le caractère plurigénétique d'une eau sous analyse.

Le Conseil scientifique, prenant acte des espoirs attachés à la proposition qui lui est présentée, adopte les résolutions suivantes :

1. Les animateurs du groupe VII «Valeur de la science» de l'AFAS sont investis de la mission consistant en la rédaction d'un modèle d'analyse physico-chimique et gazeuse en remplacement de tous ceux qui sont actuellement en usage dans le périmètre méditerranéen.

2. Titrage de la silice dans les eaux minérales

L'analyste exprimera la valeur de la silice par référence aux travaux de Traedahl *et al.* Il établira les proportions respectives de l'acide silicique, mono et bisilicates par référence au pH de l'eau en son point d'émergence.

3. Concrétionnement

La mesure isolée et instantanée du pH étant remplacée par un enregistrement continu, le concrétionnement pourra être maîtrisé. L'analyste s'obligera à procéder au calcul de l'équilibre calco-carbonique. L'évasion du dioxyde de carbone sera maîtrisée par injection d'un gaz inerte stabilisant selon le procédé breveté Balneotechnick.

4. Titrage du soufre réduit

L'évaluation du soufre réduit total est révoquée au profit de la détermination de ses constituants : hydrogène sulfuré, polysulfures et thiols.

Les formes d'oxydation, thiosulfates et sulfites, seront contrôlées par la détermination de la concentration en oxygène dissous.

Toutes les valeurs brutes seront corrigées par référence à la géothermalité.

Raymond Laugier

Irtherme - BP 82 - 95880 Enghien-les-Bains - France
Actualités de l'hydrologie - 5, square J.-B. Colbert - Bât. A - 92340 Bourg la Reine

Konstantin Garagunis et P. Kollias

Univ. nat. techn. et scient. d'Athènes - Grèce

J.-P. Gilbert

Actualités de l'hydrologie - 5, square J.-B. Colbert - Bât. A - 92340 Bourg la Reine

Nicole Riedle

Balneatechnick - Erbacherstrasse 8 - 65197 Wiesbaden - Allemagne

Séverine Rouget

IGAL - 13, boulevard Hautil - 95000 Cergy

Stéphanie Ugo

CEA DAM - 91680 Bruyères-le-Châtel

Pollution, prévention des risques naturels, changement global de l'environnement (SB2)

Coordinateur et modérateur :

Yves Lancelot, directeur de recherche au CNRS, Centre d'océanologie de Marseille, France

Intervenants : **Vicent Calatayud**, Fundacion CEAM, Valence, Espagne

Laurence Dalstein, GIEFS (Groupe international d'études des forêts subalpines), Nice, France

Dominique Jolly, professeur à l'université de Montpellier 2, France

Hervé Le Treut, directeur de recherche au CNRS, directeur du Laboratoire de météorologie dynamique de l'université Pierre et Marie Curie, Paris, France

Francesco Tagliaferro, IPLA (*Istituto per le Piante da Legno e per l'Ambiente*), Turin, Italie

Yves Lancelot - Les risques volcaniques et sismiques :

En l'absence de mon collègue et ami Franco Barberi, ancien sous-secrétaire d'État à la Protection civile italienne, et aujourd'hui professeur à l'université Rome 3, souffrant, je vais présenter le problème des risques volcanique et sismique dans la région méditerranéenne.

La Méditerranée est une région sujette à un risque sismique et volcanique connu depuis très longtemps. Ce risque découle de raisons géologiques liées à son cadre naturel. La Méditerranée est une zone entourée de chaînes de montagnes. C'est une zone de convergence entre la plaque africaine et la plaque européenne. Comme l'Afrique monte vers le nord et entre en collision avec l'Europe, la plaque africaine s'enfonce sous la plaque européenne en créant ce qu'on appelle une subduction. Celle-ci génère un volcanisme très important, qu'on trouve en particulier dans la région du sud de l'Italie (Vésuve, Sicile, îles Éoliennes), et également, dans toute la région, des tremblements de terre.

Le risque volcanique est concentré sur l'Italie du Sud. Le volcanisme actif des îles Éoliennes ne gêne personne ; celui de l'Etna ne gêne pas énormément de monde parce qu'il s'agit de coulées de lave, beaucoup moins dangereuses que le volcanisme explosif tel celui du mont Saint Helens aux États-Unis. Le Vésuve connaît une situation tout à fait particulière que j'appelle «explosive», dans tous les sens du terme. C'est en effet un volcan de type explosif, et si, pour l'instant, il paraît endormi, son réveil éventuel (et prévu) provoquera une situation réellement explosive sur le plan économique et sur le plan humain.

L'Etna est un volcan qui a une activité quasi permanente. Il y a peu de risques pour la population de Sicile, mais il y a un risque économique de destruction des infrastructures. Sur ce volcan, la surveillance est extrêmement bien développée depuis plusieurs années et les prévisions d'éruptions sont assez fiables. Dans le millier de volcans actifs dans le monde, il y en a très peu qui soient équipés. Il s'agit en effet d'un privilège de pays nantis, car la surveillance géophysique coûte cher et demande une activité scientifique permanente et de haut niveau.

Pour limiter les dégâts résultant des coulées de lave, on a expérimenté récemment des barrages qui permettent de protéger les infrastructures, et aussi des barrières naturelles capables de dévier ces coulées avec plus ou moins de succès. C'est un procédé utilisé dans d'autres pays et les Japonais, en particulier, commencent à le maîtriser relativement bien. L'Etna est en principe un volcan qui ne pose pas de gros problèmes.

Il n'en est pas de même pour le Vésuve. Naples se trouve au pied du volcan, et il y vit environ 700 000 personnes, dans des zones à urbanisme dense. On sait, de façon quasi certaine, qu'un jour ou l'autre ce volcan se réveillera. Ce peut-être dans 5 ans, 30 ans, un siècle ou plus, mais, quoi qu'il arrive, c'est un volcan qui va se réveiller, qui est considéré comme subactif. Le Vésuve plus les Champs Phlégréens, deuxième volcan de la région de Naples, c'est plus d'un million de personnes qui sont menacées par une éruption. Si une éruption se produit, elle sera de type explosif. Les éruptions explosives sont les plus dangereuses. Elles sont caractérisées par des coulées incandescentes de gaz, des nuées ardentes, et par des coulées de pyroclastites, qui sont des gaz mélangés à de l'air surchauffé et à de la vapeur. Elles dévalent les pentes à très grande vitesse et sont extrêmement dangereuses. La seule solution qui s'offre en cas d'éruption est l'évacuation, avec les problèmes inhérents : un million de personnes à évacuer, des infrastructures routières diversifiées, etc., d'où un énorme problème logistique à gérer. Depuis plusieurs années, Franco Barberi et son équipe ont beaucoup travaillé sur des plans d'évacuation possibles, et ils ont de sérieuses inquiétudes sur les possibilités réelles d'évacuation suffisamment rapide pour sauver une partie importante de la population. Il y a quelques années, aux Antilles françaises, on a connu le problème de l'éruption éventuelle du volcan de la Soufrière, avec un débat célèbre sur la question de l'évacuation des populations. On a fait évacuer environ 70 000 personnes, ce qui est relativement facile, et les frais engagés n'étaient pas considérables au regard du risque. Il s'agissait d'une application raisonnable du principe de précaution. Mais je ne suis

pas sûr que le budget régional italien pourrait pourvoir à l'évacuation d'un million de personnes, d'autant plus qu'il faudrait que cela soit fait avec une rapidité extraordinaire. Dans ces conditions, évacuer assez tôt est indispensable, et si l'éruption n'a pas lieu, je vous laisse imaginer la position des responsables d'un tel désastre financier. Le volcan est surveillé et, s'il se réveille, on aura peut-être des précurseurs physico-chimiques qui sont étudiés en permanence mais, en gros, on peut dire qu'une éruption explosive du style de celle du mont Saint Helens, est un événement soudain, dont le déclenchement ne peut être prévu que quelques heures, voire quelques dizaines d'heures à l'avance. Le mont Saint Helens a fait assez peu de victimes du fait qu'il est dans une région peu habitée, ce qui n'est pas le cas du Vésuve. Il y a là un énorme problème pour l'Italie. Le volcan est équipé, la prévision existe, la surveillance est permanente, mais l'inquiétude est immense.

Le risque sismique est lié au fait que les plaques tectoniques bougent et que la plaque africaine, en se déplaçant vers le nord, butte contre la plaque européenne, ce qui provoque une subduction dans l'ensemble de l'Italie du Sud, mais avec une répartition des tensions dans la croûte terrestre qui dépasse largement la seule zone de subduction. La zone de collision s'étend en fait sur l'ensemble des rives Nord de la Méditerranée, depuis le sud de la France jusqu'en Turquie, et sur une partie importante de la rive Sud (Afrique du Nord en particulier). Les séismes sont donc répartis sur l'ensemble de la zone méditerranéenne, et il n'est pas aussi facile d'identifier la localisation des séismes que les volcans éteints ou considérés comme tels. Les géophysiciens savent expliquer pourquoi on a des séismes à certains endroits, et donc établir une carte des zones à risque. Mais, en Méditerranée, la répartition des zones à risque est si vaste qu'il est difficile d'exclure telle ou telle région complètement. Historiquement, on a connu des grands séismes, en Turquie, en Algérie, en Italie du Nord dans la zone du Frioul, en Sicile, à Agadir, et dans le Sud de la France avec le célèbre tremblement de terre de Lambesc au nord-est d'Aix-en-Provence.

Face à ce risque, on est encore relativement démuné parce que, si, comme je l'ai indiqué, on sait à peu près où les séismes peuvent en principe se produire, il est aujourd'hui impossible de dire quand. En fait, la localisation précise des zones à risque reste, en Méditerranée, assez délicate. Il faut bien remarquer que des séismes particulièrement destructeurs peuvent se produire en dehors des zones prévues que sont les frontières de plaques. Dans ces cas-là, la magnitude des séismes peut atteindre des valeurs très élevées parce que la quantité d'énergie stockée peut devenir énorme. La libération instantanée de cette énergie peut provoquer les plus grands séismes. Cela a été le cas pour le grand séisme de Lisbonne, qui n'est pas située à la frontière directe d'une plaque. On voit donc qu'il est déjà difficile de dire avec précision où se produira un séisme, et il est pour le moment quasiment

impossible de dire quand. On ne sait pas encore faire une prévision à court terme. La seule solution possible pour limiter les dégâts des séismes serait d'appliquer le principe de précaution, or il n'est pratiquement pas applicable dans la prévision sismique. Si l'on voulait s'en tenir à ce principe, il faudrait par exemple, aujourd'hui, évacuer totalement San Francisco et ses environs, ce qui est totalement illusoire.

Reste la solution de la prévention. La prévention consiste principalement à modifier la qualité des infrastructures. Le gros problème, dans les zones à séisme, est que des infrastructures ont été construites et que des gens y vivent depuis très longtemps, alors que les normes de constructions dites parasismiques n'existent que depuis une vingtaine d'années. L'Italie, par exemple, a mis sur pied un plan architectural et essaie de consolider tout le patrimoine culturel italien, afin d'éviter qu'il ne soit détruit en cas de séisme. C'est une opération de très longue haleine et extrêmement coûteuse. Le problème réside dans l'application des normes de construction parasismique. On évoque en général des raisons économiques pour justifier la non-application des normes. Or, aujourd'hui, le surcoût à la construction est de l'ordre de 10 % par rapport au prix de construction normale. Les normes pourraient donc être applicables presque partout. En France, à part dans certaines régions les plus sensibles du Sud, la norme est rarement appliquée. La non-application de ces normes, mises en place récemment, pour des raisons d'économie parfois dérisoires, est un problème grave, et l'on risque d'aller à de nouvelles catastrophes. Actuellement, en Turquie, après les tremblements de Terre récents, la reconstruction ne se fait certainement pas dans des conditions de normes suffisamment fiables. Il nous faut aussi balayer devant notre porte. On sait que le risque d'un séisme majeur aux Antilles françaises dans un proche avenir est très élevé, et pourtant les normes de construction ne sont que peu ou pas appliquées.

En conclusion, le problème des risques volcanique et sismique est relativement simple à saisir physiquement, mais, comme la nature ne nous préviendra pas de ce qu'elle va nous faire subir, on est obligé de composer avec l'économie et la politique telles qu'elles sont. Nous devons définir nous-mêmes des normes acceptables qui puissent être partagées par tous. Cela demande une coopération extrêmement importante entre tous les pays menacés, car ils ne sont pas tous logés à la même enseigne, surtout dans le cas des séismes. De plus, ces risques ne peuvent pas être facilement assurés, et nous allons voir tout à l'heure, avec les changements de l'environnement, que beaucoup de risques non assurables vont devenir les risques majeurs de nos générations futures.

Quelqu'un dans le public (du comité d'experts chargé de l'examen d'un appel d'offres pour le plan de régulation du parc national du Vésuve) :

Un des problèmes majeurs également sur les flancs du Vésuve est celui des constructions illégales qui ont gri-

gnoté petit à petit les flancs du volcan (200 000 personnes y vivent). Un autre problème est la voirie. On sert des lits des torrents secs, les oueds, comme voies de circulation alors qu'en cas de grosses précipitations ou d'éruption, ce sont les premiers endroits qui seront impraticables. La création du parc national du Vésuve permet d'agir un peu sur le plan d'occupation des terrains très dangereux.

Hervé Le Treut - Le changement climatique global :

Je vais parler d'un problème qui n'est pas strictement méditerranéen mais qui est un problème global. Je vais essayer de montrer dans quelle mesure on peut éventuellement relier ce problème global à des soucis plus locaux. Le point clé est un problème de certitudes et d'incertitudes : dans quelle mesure un problème dont on connaît la réalité, mais qu'on ne sait définir que de manière imprécise au niveau de ses conséquences, doit-il être pris en compte au niveau de ses implications locales ? Je voudrais montrer pourquoi on est sûr que le problème existe, pourquoi on a des difficultés à en faire une traduction dans les conséquences plus locales et plus régionales, et pourquoi il faudrait arriver à décliner ces conséquences de manière un peu spécifique au niveau de type d'approche scientifique que l'on peut en faire.

Il nous faut d'abord analyser le rôle des gaz à effet de serre dans le réchauffement climatique. J'ai montré que pour le CO₂, le méthane, les oxydes d'azote, le sulfate, on observe une augmentation drastique qui commence en 1800, et qui s'accélère après 1950. Il faut réaliser qu'on est dans une phase d'accélération très claire de ces émissions de gaz à effet de serre, et on connaît une augmentation exponentielle de ces gaz dans l'atmosphère depuis l'après-guerre.

Il est très important, quand on parle de changement climatique, de bien opposer deux périodes : d'une part le XX^e siècle, période de diagnostic, et d'autre part l'avenir, période cruciale et qui se situe à une autre échelle.

Jusqu'en 2000, on constate une augmentation de 30 % de la teneur en CO₂, ce qui est faible par rapport à ce qu'on attend en 2100 si l'on se place dans une perspective de continuité de la croissance et des émissions. Les gaz à effet de serre sont des gaz relativement inertes, qui ne sont généralement pas toxiques, contrairement à la pollution atmosphérique, souvent locale, avec des gaz caractérisés par une chimie rapide et toxique. Les gaz à effet de serre s'accumulent lentement car leur temps de résidence est très long (CO₂, de l'ordre du siècle ; méthane, de l'ordre de la décennie ; alors que la vapeur d'eau est recyclée en une période de l'ordre de 15 jours). Ces gaz se mélangent et c'est leur accumulation future qui pose problème. Au XX^e siècle, on est dans une situation où il est difficile de faire un diagnostic absolument certain sur l'avenir. On émet des gaz à effet de serre qui réchauffent l'atmosphère en absorbant le rayonnement infrarouge émis par la surface, mais on émet aussi des aérosols qui la refroidissent, avec une durée de vie très courte. Par ailleurs le

climat varie de façon naturelle, et l'on n'est pas encore à un stade où s'observe de façon certaine la sortie du signal par rapport au bruit de fond du système climatique. En revanche le signal dérivant des autres perturbations, moins durables, de l'activité humaine est observé de façon certaine. On a, malgré tout, des indices qu'on est face à un début de changement. Si l'on observe la courbe des températures des mille dernières années, on constate que l'amplitude moyenne de ces perturbations est de l'ordre de quelques dixièmes de degrés au début, et que, depuis 1900, on observe une nette augmentation de la température de la planète. Dans les 20-30 dernières années, on constate que l'évolution du climat semble échapper complètement dans sa nature à ce qui était décrit et observé dans le passé. La seule explication plausible est que l'augmentation des gaz à effet de serre est responsable du réchauffement observé. On possède d'autres indices, comme le recul systématique des glaciers, et autres indices globaux du changement climatique.

Si l'on veut se projeter dans le futur, à l'échelle globale, je vais vous montrer le type d'incertitudes auxquelles on peut être confronté. Divers scénarios ont été imaginés par le GIEC (Groupement intergouvernemental pour l'étude du climat) pour essayer d'estimer la température future de la planète en fonction de l'évolution de la société.

On constate une évolution contrastée en ce qui concerne les émissions de gaz à effet de serre : dans le cas d'un système social et économique qui évolue librement sans prise de mesures coercitives, dans le scénario le plus optimiste, on stabiliserait les émissions, mais dans le plus pessimiste, on prévoit au contraire une augmentation brutale des émissions avec une multiplication par 20-25. Une telle augmentation correspond à un rattrapage du niveau occidental par les économies chinoises ou indiennes. Dans tous les cas on prévoit une augmentation du CO₂ atmosphérique, avec une barre d'incertitude pour le réchauffement prévu pour 2100 située entre 2 et 6 °C, bien au-delà des fluctuations naturelles. On dispose de tout un ensemble de modèles qui ont été utilisés pour établir les différents scénarios, d'où une double complexité liée à l'ensemble des modèles et des scénarios possibles.

Si l'on examine maintenant les changements dans le régime des précipitations, en s'appuyant sur une quinzaine de modèles fondés sur une échéance et une expérience communes, les hypothèses socio-économiques sont les mêmes. On constate qu'en 2050, il pleut plus dans la région équatoriale et l'on a moins de précipitations dans la région sub-tropicale. C'est une tendance commune à tous les modèles mais on ne peut pas distinguer ce qui peut se passer sur une région donnée. On est très loin d'être capable de passer de la prévision globale à une prévision régionale et c'est tout le problème de ces prévisions. On est certain que le cycle hydrologique sera profondément affecté. Pour un scénario d'évolution moyenne, les perturbations du cycle hydrologique sont de 10 % en termes de valeur moyenne, ce qui est considérable.

On peut essayer de conduire des études régionales, portant par exemple sur la manière dont les précipitations sont associées à de grands cycles climatiques globaux. Il existe un phénomène climatique que l'on appelle l'oscillation nord-atlantique (NAO), qui résulte de la différence de pression entre le sud et le nord de l'Europe et qui caractérise l'évolution à grande échelle du climat. On sait associer à ce contexte météorologique à grande échelle, des variations, des anomalies de précipitations caractéristiques. Actuellement, nous sommes dans une phase où l'anticyclone des Açores se renforce, ce qu'on appelle une phase positive de cette oscillation nord-atlantique. On sait que cela devrait entraîner une sécheresse dans le sud de l'Europe et on y constate effectivement des anomalies de précipitations. On constate aussi une certaine cohérence d'ensemble entre la prévision du modèle et le renforcement de l'anticyclone des Açores. Le modèle indique que, sur la zone européenne et africaine, on doit s'attendre à une humidification dans le nord de l'Europe et une sécheresse dans le sud de l'Europe. Ce processus peut être lié à une augmentation de l'anticyclone des Açores, qui, lui-même, a de bonnes probabilités d'être lié au réchauffement. On n'est donc pas complètement impuissant dans la description de ce qui peut se produire à l'échelle régionale. Ce qui semble à peu près certain dans le cas de la zone méditerranéenne, c'est qu'il y a un risque de sécheresse important.

Yves Lancelot :

En tant que spécialiste des climats très anciens, je me permets de signaler que la teneur en CO₂ dans l'atmosphère, telle qu'elle est mesurée aujourd'hui et telle qu'elle est prévue pour le siècle ou le demi-siècle qui vient, est très largement supérieure à tout ce qu'on observe dans le passé, sauf si l'on remonte à plusieurs millions d'années. Dans les périodes récentes, les alternances de périodes glaciaires et interglaciaires se traduisent par des courbes de température en dent de scie qui sont rigoureusement parallèles aux variations de la teneur en CO₂. Ces variations ont été mesurées dans les carottes glaciaires de l'Antarctique aussi bien que dans les accumulations sédimentaires des océans. Aujourd'hui, on observe un départ énorme de la teneur en CO₂ vers les fortes valeurs, et c'est un phénomène qui est, pour l'instant, irréversible. Cela voudrait-il dire que, puisque le mal est déjà fait, on peut continuer comme si de rien n'était et ne pas appliquer les accords de Kyoto ? Certainement pas. Il faut arriver à ralentir l'augmentation sinon on va se retrouver dans les courbes les plus élevées des prévisions du GIEC.

Quelqu'un dans le public :

Au niveau des schémas présentés, il y a deux versions : l'optimiste et la pessimiste. Mais quand on voit qu'il y a une prise de conscience mondiale de ces rejets de gaz à effet de serre et du réchauffement de la planète et que, malgré cela, des États s'opposent à prendre des mesures assez importantes, que peut-on faire ?

Yves Lancelot :

On ne peut que continuer à expliquer, à démontrer, à rendre les modèles plus fiables pour qu'ils ne puissent plus être remis en question, de façon à ce qu'on mette fin à cette controverse. Depuis 1995, environ 2 500 chercheurs parmi les plus grands spécialistes ont travaillé sur ces problèmes dans le cadre du GIEC, sous l'égide des Nations Unies, et tous sont d'accord sur ce qui a été présenté ici. Malheureusement il y a cinq ou six chercheurs qui sont opposés à ce point de vue. Or les médias leur donnent un temps de parole pratiquement égal, et ils se font donc entendre de façon aussi convaincante que les autres. Il est évident qu'ils peuvent servir de prétexte à des ralentissements dans la prise des mesures nécessaires. L'économie américaine, en particulier, a du mal à s'adapter à l'heure actuelle à une diminution des émissions de gaz à effet de serre. Je pense toutefois que cette diminution est inévitable, et le plus tôt sera le mieux.

Hervé Le Treut :

La prise de conscience dans ce domaine procède souvent par crises. Le grand débat sur le changement climatique a été lancé par un phénomène qui, finalement, n'avait pas grand chose à voir avec la préoccupation majeure que nous venons d'évoquer pour les décennies à venir. Il s'agissait d'une période de sécheresse dans la région du Mississippi en 1988. Les scientifiques, dont la parole restait confinée dans leur propre milieu, ont alors été entendus par le public et les décideurs. On connaîtra, tôt ou tard, d'autres crises climatiques, et tout ce qu'on prépare au niveau de Kyoto servira à ce moment-là.

Yves Lancelot :

La présentation de Dominique Jolly porte sur le même thème, mais vu à travers l'évolution de la végétation en milieu méditerranéen. Il est spécialiste de la modélisation des biomes, c'est-à-dire des modèles des écosystèmes végétaux à la surface du globe, en particulier dans les zones d'Europe et d'Afrique.

Dominique Jolly - La désertification :

Je vais vous parler de la désertification, qui est un problème crucial à l'heure actuelle. La définition de la désertification est la dégradation de la terre, du sol, dans des zones arides et semi-arides. Cette désertification est liée à deux causes : l'activité humaine et les variations climatiques. La principale cause est l'activité humaine. Contrairement aux idées reçues, la désertification ne concerne pas l'extension des déserts actuels. La désertification se produit sur des écosystèmes de terres sèches ou arides, en forme d'îlots ou «*spots*», et a des causes variées : surpâturage, dégradation liée à une salinisation, ou à une irrigation mal contrôlée. Ces «*spots*» vont s'étendre petit à petit et parfois peuvent rejoindre le désert. Ces processus de désertification sont très souvent liés à des problèmes de pauvreté. C'est le cas dans les pays en voie de développement, mais pas uniquement dans ces pays. Il y a sou-

vent un manque d'infrastructures, manque crucial de tout ce qui fait les pays en voie de développement. Classiquement, le phénomène de désertification est le résultat d'une dégradation de la couche arable fertile et de la végétation. On arrive alors à un appauvrissement, notamment en termes de ressources hydrologiques.

Des millions de personnes sont concernés par ces problèmes de désertification. On considère qu'à l'échelle du globe, 70 % des terres sèches sont potentiellement en voie de désertification, ce qui est énorme. On observe quelques différences d'un continent à l'autre : en Afrique, le chiffre atteint 73 % ; en Asie, ce sont environ 1,4 millions d'hectares touchés ; en Amérique du Nord, c'est 74 %, notamment aux États-Unis, alors que le Canada est complètement exempt de ce problème. À l'échelle mondiale, on considère aujourd'hui qu'il y a environ 250 millions de personnes qui sont directement touchées, et potentiellement 900 millions menacées (chiffres datant déjà d'une dizaine d'années). Il s'agit donc d'un problème absolument fondamental, notamment pour les années à venir. Si l'on ne peut pas arrêter ou inverser la désertification, il y aura évidemment des problèmes de ressources alimentaires pour la population mondiale. On estime que, pour satisfaire correctement la demande alimentaire, il faudrait multiplier par trois la production alimentaire pour les 50 prochaines années. Cela nécessite des efforts de la production agricole absolument énormes.

Un des gros problèmes de la désertification est la réduction de la diversité biologique. Elle entraîne des conflits sociaux, notamment en Afrique sub-saharienne. Elle a également un coût : en termes de revenus annuels, cela correspond à environ 42 milliards de dollars américains.

Il y a eu une prise de conscience internationale officielle puisque, le 17 juin 1994, une convention des Nations Unies contre la désertification a vu le jour. Cette prise de conscience avait débuté par une réunion organisée par l'Unesco, en 1977 à Nairobi, et c'est là que le terme *désertification* avait été créé, même si quelques personnes avaient envisagé ces problèmes dès les années cinquante, notamment le grand botaniste Aubreville lors d'une mission botanique en Afrique. La communauté internationale a adopté la convention de 1994 et une centaine de pays l'ont signée en décembre 1996. Il faut signaler aussi un élément fondamental, qui joue un rôle majeur dans les pays en voie de développement : le réseau radiophonique ; la radio permet à environ 600 millions d'agriculteurs dans 121 pays d'échanger des informations et de donner des conseils pratiques vis-à-vis de la désertification. Les États-Unis, le bloc de l'Est et l'Australie n'ont pas signé la convention, ce qui semble paradoxal puisque les États-Unis et l'Australie sont particulièrement touchés par la désertification.

Les causes de désertification sont différentes d'une région à l'autre. En Afrique, ce sont des causes dues principalement au surpâturage, c'est-à-dire des troupeaux qui exploitent abusivement des parcelles agricoles. En Asie, en Europe et en Amérique du Sud, c'est le déboisement.

En Amérique du Nord, notamment dans les États du Sud, c'est la mise en culture du coton, qui a demandé énormément d'irrigation et épuisé les nappes phréatiques.

Au niveau international, plusieurs organismes traitent de désertification. Les Nations Unies, avec l'UNEP (Nations Unies pour la protection de l'environnement), ont mis sur pied un secrétariat dédié à ces problèmes. On trouve aussi, sous l'égide des Nations Unies, un observatoire du Sahara et du Sahel, l'UNITAR, et l'Office de lutte contre la désertification et la sécheresse (UNSO). S'y ajoutent d'autres organismes qui s'intéressent de près ou de loin à la désertification, avec des objectifs divers : la Banque mondiale, l'OCDE via le Club du Sahel et de l'Afrique de l'Ouest, la FAO, plus un réseau indépendant (CEO) d'information sur la désertification.

En Afrique, les zones qui présentent un risque extrême de désertification sont rarement au contact des déserts existants. Un problème très important lié à la désertification est la salinisation. Dans le cas du barrage d'Assouan, on a procédé à une régulation du Nil. L'irrigation a évité les crues annuelles du Nil qui lessivaient le sel s'accumulant en surface des sols. Aujourd'hui, ces couches de sel s'accumulent et de plus en plus de terres situées en bordure du Nil deviennent infertiles. On connaît le même problème en Irak, provoqué par la construction d'un canal d'irrigation. On a aussi, près des points d'eau, le problème du surpâturage. Ce sont des dommages durables sur l'environnement, et des impacts qu'on peut mesurer facilement au moyen de la télédétection. De plus, une érosion éolienne s'associe en général à l'érosion hydrologique. Cette érosion éolienne se manifeste de plusieurs façons : les particules fertiles des sols sont emportées par le vent, mais aussi les particules transportées exercent une action abrasive sur la végétation qui n'a pas disparu, avec des micro-blessures et leur déshydratation, ce qui favorise l'action d'insectes et de maladies, surtout pour les plantes cultivées.

Il y a tout de même des points positifs. On a connu beaucoup de progrès scientifiques. La prévision des risques s'est améliorée grâce à des outils comme les modèles climatiques. Divers programmes scientifiques ont amélioré la situation, et une meilleure coordination des populations locales a vu le jour. Grâce à ces progrès scientifiques, on note un progrès parallèle au développement, notamment par l'action de nombreuses ONG et d'associations, très efficaces et motivées, sur le terrain pour la protection de ces ressources végétales.

Si l'on prend l'exemple d'une sécheresse débutée au Niger en 1965, avec un maximum d'aridité en 1984, on a constaté une importante érosion du sol. Les précipitations sont descendues à environ 150 mm, limite pour atteindre un niveau désertique. Trois types de protection ont été réalisées par les populations locales : deux types de construction de haies pour éviter le transport de particules par le vent, et une pépinière où l'on va faire pousser des arbres pour faire un corridor vert entre les zones de culture et le désert.

En Afrique, les problèmes hydrologiques font l'objet d'une surveillance constante, sur un site Web (Noa), qui examine des zones à risques chaque semaine. Les populations et les États sont avertis avec des modèles météo dès que se présentent des problèmes, et les prévisions sont présentées à l'échelle de plusieurs semaines. Plusieurs projets sont prévus pour les années à venir, notamment une tentative de suivi de la migration du front de l'équateur météorologique. Les projets scientifiques présentent pourtant de gros problèmes : la programmation d'un programme scientifique est en général de 3-4 ans, alors que les problèmes liés à la désertification nécessitent des projets à beaucoup plus long terme. Il existe aussi un problème de maillage des stations de météo. Enfin, les progrès scientifiques sont en général trop lents par rapport aux besoins des populations.

La désertification, est-elle un processus irréversible ? Tout dépend des moyens qu'on peut y consacrer. En principe, ce n'est pas un processus irréversible puisqu'en fait un sol peut se reconstituer, une végétation peut également se remettre en place par des processus biologiques de dynamique de successions. Mais le problème principal reste qu'il faudrait éviter l'action humaine pendant plusieurs siècles, ce qui est très difficile dans le contexte actuel. Il est certainement possible d'accélérer les processus de régénération de sol et de végétation. Pour cela il faudrait mettre beaucoup de moyens, et l'enjeu est de première grandeur. Sheridan, en 1981, comparait la désertification à une sorte de guérilla mais sans ligne de front, c'est-à-dire qu'on a des «*patches*» de désertification qui se déplacent, qui s'agrandissent, et qui donc demandent un suivi. Il s'agit d'une bataille à tous les niveaux où les scientifiques comme les politiques sont impliqués.

La désertification est bien sûr un problème scientifique. Il ne fait pas de doute qu'il faut améliorer la connaissance des processus de recolonisation et de dynamique de la végétation. Mais il s'agit aussi d'un problème de sciences appliquées, et beaucoup d'erreurs ont été faites par des scientifiques, européens la plupart du temps. À titre d'exemple, au Niger, on a développé beaucoup de plantations d'arachide, puis des cultures de mil. Ce sont des plantes annuelles et, pour faire face au problème de désertification, il aurait été préférable de planter des plantes vivaces, qui vivent plusieurs années et qui vont fixer le sol et la couverture végétale. Ce sont des problèmes liés à la colonisation. Récemment par exemple, le CIRAD préconisait, dans certaines régions du Mali, le développement de troupeaux et la création d'une filière bovine, d'où une augmentation du surpâturage, ce qui est l'inverse de ce qu'il faut faire dans ce pays. Certains organismes de recherche sont en fait guidés par la recherche de la rentabilité, ce qui va souvent à l'encontre de ces problèmes de désertification. Il faut évidemment une stratégie scientifique internationale sur du long terme.

La désertification est enfin un problème de développement ; la logique économique est très souvent conduite à court terme. Il faut évidemment améliorer le niveau de vie

des populations, les infrastructures et avant tout, régler le problème d'éducation.

Quelqu'un dans le public :

Vous avez dit, M. Lancelot, que pour convaincre les États-Unis, il fallait encore améliorer les modèles. Dans le cas de la désertification, il y a des observations, et l'on voit néanmoins des grands pays qui ne ratifient pas les conventions internationales, alors que peut-on faire ?

Yves Lancelot :

La modélisation suit en fait l'observation. Les premières modélisations climatiques, très simplifiées, datent d'il y a un siècle. Svante Arrhenius avait déjà compris le rôle du CO₂ sur la température et avait prévu une élévation de celle-ci si la teneur en CO₂ augmentait dans l'atmosphère. Le modèle intervient ensuite et apporte une capacité de prédiction. La modélisation permet aussi de changer l'échelle de l'observation dans le temps et dans l'espace. Mais ensuite le relais politique est essentiel et c'est un peu pour cela que nous sommes ici aujourd'hui, pour éviter que la science fondamentale soit absente du débat de société et séparée de la décision politique.

Quelqu'un dans le public :

Dominique Jolly, vous avez élargi votre exposé à l'échelle mondiale, mais vous avez peu parlé de la désertification en Méditerranée. Vous avez également cité l'Ex-Empire soviétique, qui a tué la mer d'Aral. Staline, dans sa politique de productivité de coton surtout, a dévié les cours d'eau pour irriguer les champs de coton tout en massacrant la mer d'Aral, qui devient un désert. Que pensez-vous de cette problématique ?

Dominique Jolly :

C'est une problématique absolument fondamentale. Je veux juste signaler qu'il existait un programme français, «*Éclipse*», qui travaillait sur la mer d'Aral et fonctionnait très bien. Il vient d'être arrêté par manque de soutien financier. Les dirigeants ne soutiennent pas toujours les leaders scientifiques.

Vicent Calatayud : Intervention en anglais, non transmise.

Laurence Dalstein - Effets de la pollution ozonique sur des essences arborées méditerranéennes (cf article à la suite).

Francesco Tagliaferro - Lé dépérissement des forêts et ses causes :

Depuis 1979, la phytopathologie, science de longue tradition à l'IPLA, a connu un nouveau défi. On s'est ainsi confronté au problème du dépérissement des forêts, et pas seulement en raison des maladies traditionnelles. Dès la fin des années quatre-vingt, la région du Piémont et surtout la vallée d'Aoste ont fait l'objet d'études de la part de l'IPLA, en collaboration avec le ministère et

d'autres institutions. Le phénomène du nouveau type de dépérissement observé n'est pas expliqué de façon satisfaisante par l'action d'agents traditionnellement pathogènes. Les hypothèses sur les causes du dépérissement sont variées et la recherche, au fil des années, a conduit à en éliminer certaines, ou à en réduire l'importance, jusqu'à en formuler de nouvelles. On peut citer le problème du changement climatique provoquant la sécheresse et une chaleur inhabituelles dans le climat de ces régions. Il s'agit donc là d'un problème écosystémique global. Dans la vallée d'Aoste et au Piémont, nous avons beaucoup étudié le problème des accumulations de polluants d'origine atmosphérique. Les données ont été présentées, il y a 2 ans, en Avignon, et ont abouti à la résolution directe de certains aspects. Nous avons aussi constaté, dans plusieurs régions perdues dans la montagne et même dans les endroits où les charges de pollution sont peu élevées, qu'elles rejoignent les niveaux critiques pour l'équilibre, à moyen et long terme, de l'écosystème.

Des phénomènes de dépérissement restaient quand même sans explication. On a commencé à s'intéresser à l'ozone ces dernières années quand on a vu qu'on n'arrivait pas à se sortir de ce cercle vicieux en cherchant les raisons seulement dans les dépôts des différents polluants qui agissent sur les arbres dans le milieu forestier. Nous avons pris contact avec l'INRA de Nancy et nous avons commencé à formuler des hypothèses de travail conjointes pour étudier spécifiquement l'ozone. D'ailleurs, au cours de ces années, on avait commencé à signaler dans plusieurs régions méditerranéennes des dégâts causés par l'ozone ; on savait donc que ce problème existait. On avait aussi constaté, dans la plaine du Pô, qu'il y avait une réduction de la croissance des plantes annuelles, comme le haricot, et des peupliers, dans des régions où théoriquement il y avait moins de pollution que dans les autres. Nous avons monté un dossier avec les amis français et avons choisi comme espèce commune le pin sylvestre, le plus intéressant de chaque côté, avec robinier et sapin comme autres espèces principales côté italien, élargissant ensuite les observations aux autres espèces sensibles arbustives et herbacées. Nous avons désigné une série de placettes d'observation, suivant des vallées, et qui étaient complémentaires. Du côté français, on étudiait le Mercantour et le Queyras, et du côté italien, on étudiait la vallée de Suse, la vallée du col de l'Arche, qui touche le Mercantour, et la colline de Turin parce que la source de pollution et d'ozone, en particulier celle venant du trafic du réseau autoroutier autour et dans la ville même de Turin, est très importante. De plus on savait déjà que les phénomènes d'inversion thermique conduisaient à une accumulation des couches atmosphériques et d'ozone sur la colline, qui a beaucoup plus de bois que la plaine proche de la ville. Nous avons cherché à couvrir les différents niveaux d'altitudes, les différentes situations orographiques, c'est-à-dire les fonds de vallée, les crêtes secondaires, les cols, les crêtes principales jusqu'à une hauteur de 2 200 m, en mesurant les teneurs en ozone

par des capteurs passifs et par un analyseur. Nous disposons maintenant de deux années de mesures, 2000 et 2001, et nous avons conduit une importante étude commune de laboratoire, ne connaissant pas bien au début l'action et les effets de l'ozone. L'étude a été de caractérisation pathologique, avant tout pour exclure les manifestations liées à des insectes, champignons ou autres impacts, et nous sommes arrivés, à l'aide de descriptions bibliographiques et de nos collègues français et espagnols du CEAM, à identifier toute une série de dégâts dus à l'ozone. La plupart des dégâts ont été observés sur la colline de Turin où il y a une forte concentration du polluant, une situation climatique favorable par la chaleur, une humidité du sol favorable elle aussi à ce que les stomates restent ouverts et donc à ce que les dégâts puissent se manifester.

Les premiers effets se manifestent typiquement au niveau du palissé, par des chloroses, et, normalement, à ce moment-là, l'épiderme supérieur est encore sain. Ce n'est qu'en phases successives qu'il commence à se pointiller par l'accumulation d'anthocyanes ou de phénomènes de subérisation, et ce n'est que sur les feuilles supérieures qu'on en voit les effets. Certaines espèces présentent des symptômes assez spécifiques et identifiables par des chercheurs experts : on est en train d'étudier la possibilité de s'en servir comme bio-indicateur. Le *Viburnum lantana*, en particulier, est une espèce très sensible et très répandue dans nos écosystèmes, donc on est en train de vérifier s'il ne pourrait pas être un bio-indicateur naturel pour l'ozone, et donc de tester s'il est possible de l'utiliser. Dans le sud de la Suisse, canton du Tessin, il a manifesté, l'an dernier, des symptômes très précoces, au début de juin.

Sur tous les échantillons des différentes espèces, nous avons fait une observation microscopique pour voir la localisation des dégâts, vérifier si le lacuneux n'était pas encore touché, examiner la présence et l'évolution des premières nécroses, qui commencent parfois par des jaunissements et évoluent ensuite. Un exemple intéressant mais complexe est celui du robinier, qui est une espèce sensible et qui présente de sérieux problèmes, et de la mortalité sur la colline de Turin. La difficulté de l'approche est due à ce qu'il présente un cadre pathologique très complexe avec la participation de l'armillaire, ubiquitaire, et de la sécheresse ; de plus, il a la caractéristique de laisser tomber très facilement les folioles dès qu'elles sentent le stress. Quand même sur la colline de Turin on les avait observés : aréas jaunes, nécrose internervale. On a également observé ces manifestations au col du Donon, en France, où l'on avait reproduit les symptômes dans des chambres à atmosphère contrôlée (enrichie ou non en ozone).

Ces observations à la campagne ont permis de décrire les symptômes de dégâts dus à l'ozone sur plusieurs espèces végétales, confirmant l'amplitude du problème.

On a remarqué aussi qu'il existe une forte influence de réponse à l'ozone au niveau non seulement des espèces, mais au niveau individuel, et sur la même espèce d'arbres

dans une situation identique, les symptômes se manifestant avec une intensité différente de l'un à l'autre.

Quelqu'un dans le public (Forêts méditerranéennes) :

Par rapport à la désertification, je voudrais citer les erreurs d'utilisation de plantes, les introductions malheureuses, par exemple de l'eucalyptus aux îles Canaries et à Madère, qui stérilisent les sols et qui font maintenant l'objet d'un programme d'éradication.

Il faut également éviter les plantations mono-spécifiques et favoriser au contraire la biodiversité.

Pour la question de la réversibilité, on pourrait citer l'exemple de l'ARTM (restauration des terrains en montagne), travail des Eaux et Forêts, qui a permis de reforester les massifs montagneux

Yves Lancelot

Centre d'océanologie de Marseille - Case 901 - Campus de Luminy - 13288 Marseille Cedex 09 - France
lancelot@com.univ-mrs.fr

Dominique Jolly

jolly@isem.univ-montp2.fr

Hervé Le Treut

Laboratoire de météorologie dynamique - 4, place Jussieu - 75230 Paris Cedex 05 - France

Francesco Tagliaferro

IPLA S.p.A. - Corso Casale 476 - 10132 Turin - Italie
tagliaferro@virgilio.it

Effets de la pollution ozonique sur des essences arborées méditerranéennes

Laurence Dalstein

Groupe international d'études des forêts subalpines (GIEFS), Nice, France

Introduction

Le Groupe international d'études des forêts subalpines (GIEFS) collabore avec le réseau Qualitair dans le cadre du programme européen Interreg II. Ce projet transfrontalier fait l'objet d'un partenariat avec l'Institut pour l'environnement de Turin (IPLA).

Il y a quelques années, suite au dépérissement forestier constaté sur les deux versants de la frontière franco-italienne, des études avaient été menées pour rechercher les différents processus susceptibles d'intervenir dans les dysfonctionnements foliaires observés.

Sur le versant français, dans le Parc national du Mercantour, l'affaiblissement de l'état de santé des forêts de pins cembro avait mis en cause plusieurs facteurs : climatique, déficience minérale pédologique et pollution atmosphérique, dont la pollution par l'ozone. Des recherches comparatives avaient été menées parallèlement dans le Parc naturel régional du Queyras.

Le programme européen Interreg II engagé en 1999 repose, côté français, sur trois grands domaines d'activité :

1) Mesure du niveau de pollution par l'ozone

Le GIEFS, en collaboration avec le réseau Qualitair, a mis en place, en bordure du Parc national du Mercantour et à 1 500 m d'altitude, un appareil physico-chimique de mesure de l'ozone. Parallèlement, environ 250 capteurs passifs ont été disposés à partir du littoral en remontant les vallées jusque dans les massifs du Mercantour et du

Queyras. Ces capteurs se situent aux abords de placettes de suivi forestier.

Au cours de l'été 2001, l'analyseur indique pour 5 mois de mesure un AOT 40 qui atteint, entre 7 h et 20 h, une valeur de 33,23 ppm.h ; la dose cumulée totale sur la période de mesure est de 190,02 ppm.h. C'est-à-dire que sur ce site, plus du triple de la dose-seuil de dommages définie par l'Union européenne pour les conifères et retenue pour 6 mois de saison de végétation, est dépassée en cinq mois de mesure.

Les résultats des analyses des capteurs passifs indiquent sur la période (mai-septembre) des moyennes élevées sur les cols du Mercantour (entre 50 et 55 ppb). Le gradient de concentration en ozone dépend de l'altitude et de la situation topographique des placettes.

2) Inventaire des dommages forestiers

Trente-cinq placettes de vingt arbres sont notées en suivant les protocoles des pays membres de l'Union européenne. Elles sont réparties le long du littoral azuréen d'une part, en remontant les vallées principales dans le moyen et haut pays niçois d'autre part. Pins d'Alep, sylvestre et cembro, mélèze et épicéa sont suivis pour leur défoliation et leur jaunissement. Les notations s'effectuent de mai à septembre. Pour les essences du littoral, le pin d'Alep est le plus atteint (fig. 1 et 2, planche V). Parmi les essences d'altitude, le pin cembro présente le plus d'endommagement foliaire (fig. 1 et 2, planche V). Les tests statistiques du χ^2 confirment ces résultats.

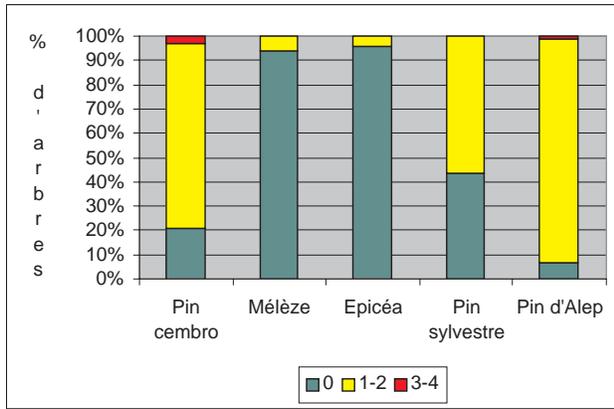


Fig. 1 : pourcentage de décoloration pour chaque essence

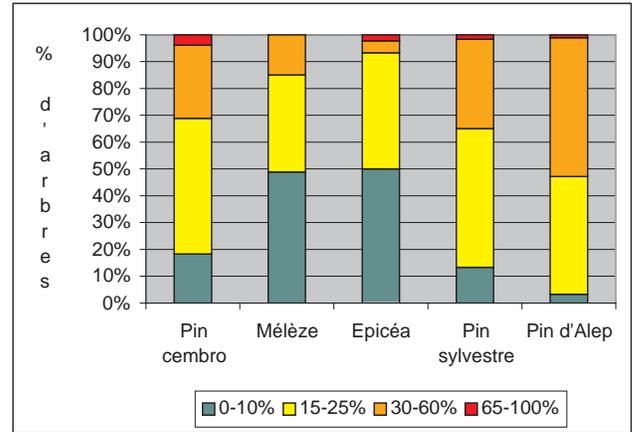


Fig. 2 : pourcentage de défoliation pour chaque essence

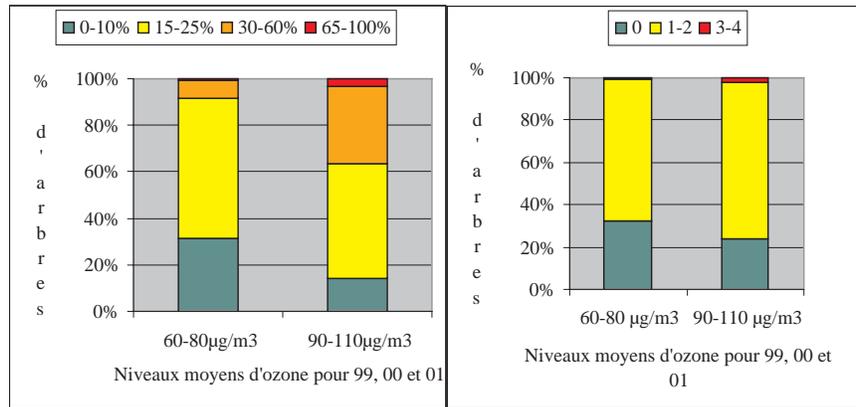


Fig. 3 : correspondance entre niveaux moyens d'ozone et endommagement foliaire du pin cembro pour les années 1999, 2000 et 2001

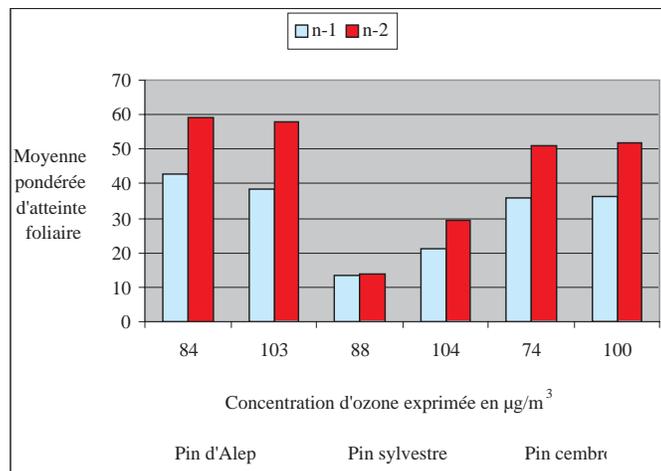


Fig. 4 : correspondances entre niveaux d'ozone et degrés d'atteinte foliaire spécifique à l'ozone pour les pins d'Alep, sylvestre et cembro



Photo 1
Aiguille de pin cembro
de l'année, asymptomatique

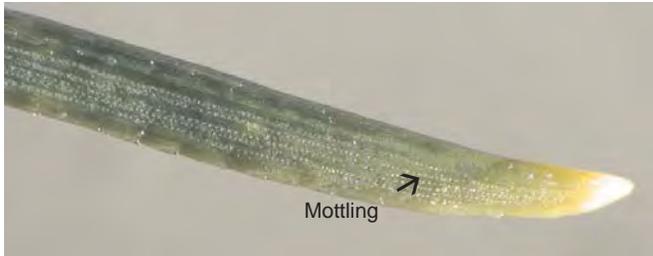


Photo 2
Aiguille de pin cembro âgée
d'un an, symptomatique



Photo 3
Aiguille de pin cembro âgée
de deux ans, symptomatique

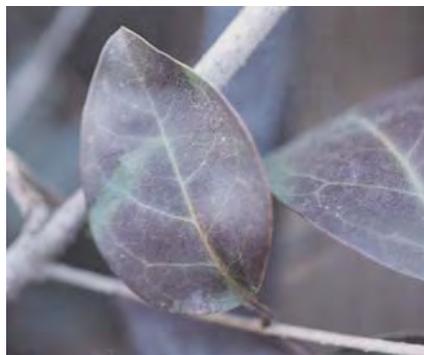
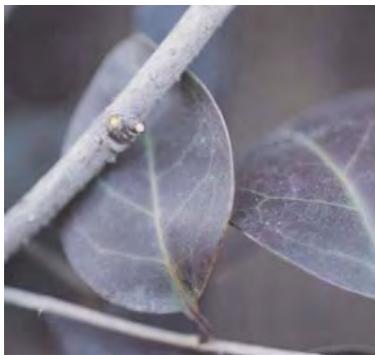


Photo 4
Lonicera sylostium L. présentant une
coloration violacée de dégât d'ozone ;
les nervures restent bien apparentes et
la tige a eu un effet protecteur sur la
feuille.



Photo 5
Viburnum tinus présentant
des symptômes d'ozone

Photo 6
Pistacia lentiscus



3) Recherche des impacts

Des correspondances sont notées entre gradient croissant d'ozone et pourcentage d'arbres dans les classes progressives de défoliation et décoloration. Plus la concentration d'ozone augmente, plus le pourcentage d'arbres défoliés entre 15 et 60 % et décolorés à 1 ou 2 s'élève (exemple, pour les pins cembro, fig. 3, planche V).

Les symptômes spécifiques de l'ozone sont recherchés pour toutes les placettes, en particulier les taches chlorotiques caractéristiques.

Les aiguilles de pins d'Alep, sylvestre et cembro présentent des dégâts d'origine abiotique : dégâts d'ozone comportant des petites taches diffuses (*mottling*) de couleur vert clair, en particulier sur la face supérieure des rameaux et à la pointe des aiguilles. Ces taches chlorotiques sont plus typiques sur les aiguilles âgées des pins sylvestre et cembro (exemple, pour le pin cembro d'aiguilles asymptomatique et symptomatiques : photos 1, 2 et 3, planche VI). Les dégâts d'ozone, *mottling* jauneverd, sont bien marqués (dégât principal), avec un aspect et une localisation des symptômes typiques d'une décoloration (*photo-bleaching*).

Les résultats de symptomatologie spécifique d'ozone pour les trois essences indiquent que :

- dans une même gamme de concentration d'ozone, les aiguilles âgées de deux ans ont systématiquement plus de symptômes que les aiguilles âgées d'un an ;
- si l'on compare des années d'aiguilles identiques, la gravité des symptômes s'élève avec des concentrations d'ozone croissantes ;
- les arbres plus sensibles, atteints dès la première année, montrent une dégradation marquée les années suivantes, ceci, quelle que soit la concentration d'ozone.

Comme pour la défoliation et la décoloration, le pin d'Alep présente parmi les trois essences une plus grande atteinte (fig. 4, planche V).

Des analyses histologiques sont engagées entre le GIEFS et le WSL de Birmensdorf en Suisse. Il s'agit d'examiner, sur coupe fine, l'ultrastructure tissulaire des aiguilles en microscopie photonique, après coloration convenable. Les coupes sont destinées à préciser les symptômes macroscopiques de façon à progresser dans la

détermination de la cause des dysfonctionnements observés et notamment à distinguer, entre les premiers signes apparus, ceux qui sont d'origine biotique (ravageurs, parasites) de ceux qui sont d'origine abiotique (polluants, climat). Des anomalies cellulaires spécifiques et répétées indiquent la part réelle du facteur polluant ozone.

Les résultats des analyses microscopiques et histologiques présentent des perturbations structurales caractéristiques et vérifiées en condition contrôlée.

Les nécroses, liées au dégât d'ozone, montrent souvent un collapsus cellulaire, l'absence de chlorophylle, une perte de compartimentalisation et une oxydation importante surtout au niveau de la couche périphérique du mésophylle.

Conclusion

La réalité d'une corrélation existe entre des concentrations d'ozone croissantes et un endommagement qui atteindrait un stade d'avertissement, voire un stade réel. Ceci se vérifie sur les crêtes plus polluées et dont les forêts présentent une atteinte plus marquée. Le jaunissement intense constaté notamment sur les pins cembro serait alors le résultat d'une évolution, sur les aiguilles vieillissantes, des premiers symptômes d'attaque d'ozone repérés visuellement sur les aiguilles jeunes.

L'ozone participerait à un affaiblissement général des pins cembro et d'Alep et, dans une moindre mesure, des pins sylvestre.

Les premières investigations sur les effets de l'ozone sur la végétation arbustive et herbacée proche des placettes forestières confirment l'impact de ce polluant sur des essences sensibles et listées par des centres de validation européens. Ci-après, quelques clichés de plantes sensibles repérées dans les Alpes-Maritimes (photos 4, 5 et 6, planche VI).

Laurence Dalstein

GIEFS - 69, avenue des Hespérides - 06300 Nice - France
ldalstein@aol.com

Énergies nouvelles, dessalement de l'eau de mer (SB3)

Coordinateur et modérateur :

Robert Klapisch, directeur de recherche émérite au CNRS, CERN, président de l'AFAS

Solar thermal energy: The ENEA Programme

Augusto Maccari

ENEA, Rome, Italie

Introduction

An ambitious research, development and demonstration program focused on high temperature solar thermal energy was set up by ENEA in 2001 and funded by the Italian industry ministry. The program was mainly inspired and personally coordinated by the ENEA president Prof. Carlo Rubbia. This paper will illustrate the main strategic choices of the program and the related research, development and demonstration phases.

The use of new energies sources will gradually grow in the future. Such progressive change will be driven essentially by two factors: first the likely inability of the fossil fuels to sustain the full extent of the future energetic demand, growing roughly at 2-2.5 % year worldwide; second the growing evidence for the triggering of a major climatic change, primarily due to continued use of fossil.

If an energy source is to satisfy all the present and future needs of mankind it should present the two following characteristics (i) the resource should have an adequate potential and (ii) it should be available during times commensurate with any expected lifetime of human civilisation. There are only two primary sources with these characteristics: nuclear energy (fission and fusion) and sun derived energy. The pro and cons of the first one are well known; for the latter, ENEA is poised to a very substantial and renovated effort toward the realisation of demonstrative, large scale systems with innovative characteristics.

Solar energy potential

How much energy do we expect from the sun ? In figure 1 (*planche VII*) it is shown the yearly averaged power coming from the sun in the form of direct rays, meanwhile the rest of the solar radiation is scattered from the atmosphere and the clouds and impinge the earth surface as diffuse radiation.

Under the best conditions, in the regions called "the sun belt" we have a value greater than 280 W for each square meter. Most of the Mediterranean regions have an

excellent solar energy potential and could assume the leadership in the utilisation of such kind of renewable source.

There are two ways to directly use solar energy (i) by mean of photovoltaic cells (ii) warming-up some media (possibly a fluid). We believe that photovoltaic technology is not suitable for large-scale systems due to the high costs of energy (actual and foreseen) and because of the more expensive and less efficient appropriate storage systems.

As far the thermal solar energy is concerned, in most of the actual industrial applications, the temperature level of 100-200 °C, reachable without concentrating the sun-rays, is not sufficient. Then, to be competitive with fossil fuels, there is the need to increase the fluid temperature and consequently to concentrate the solar radiation.

In such a way in a location having a yearly averaged normal direct irradiation of 280 W/m² it is possible, for each square meter of collecting area, to deliver 5.59 GJ/y in the form of high temperature heat (about 550 °C). On the other hand, a barrel of crude oil (at 100% combustion efficiency) generates 5.71 GJ in the same form, hence each square meter of a sunny land can produce in a year about the same quantity of energy as a barrel of crude oil!

The ENEA strategic choices

The ENEA program for the utilisation of high temperature solar thermal energy, identifies two levels of operation and two different strategic choices:

1. Medium temperature heat collection and storage primarily, but not exclusively, intended for electricity production ;
2. High temperature heat collection for direct hydrogen production.

The medium temperature path

The basic idea of the first technology path is the substitution of fossil fuels in generating heat at about 550 °C and delivering it in a continuous way.

The concentrating technology we choose for this application is the Parabolic Trough one. It consists of long arrays of reflectors focusing the sunrays along a

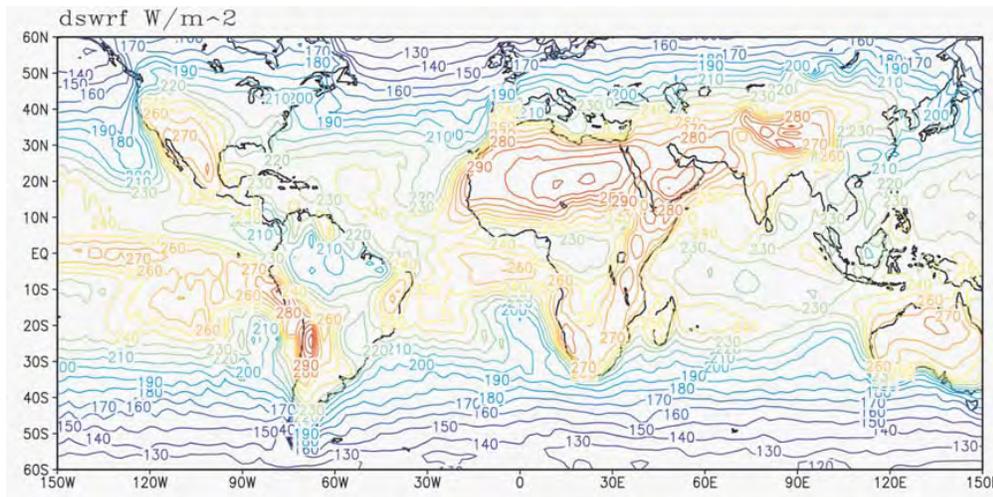


Fig. 1 :
 Averaged direct sun power produced per unit area, integrated over day and the year, in Watt/m².
 (Source: NASA)

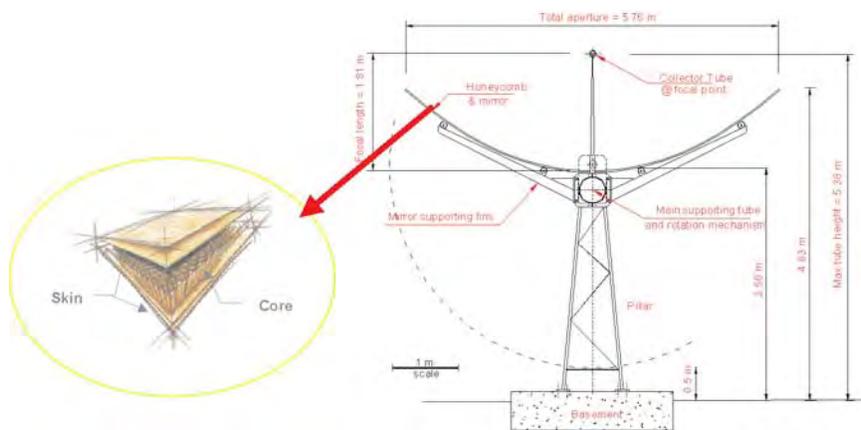


Fig. 2 :
 ENEA solar collector design with the composite material structure used for the reflector panels

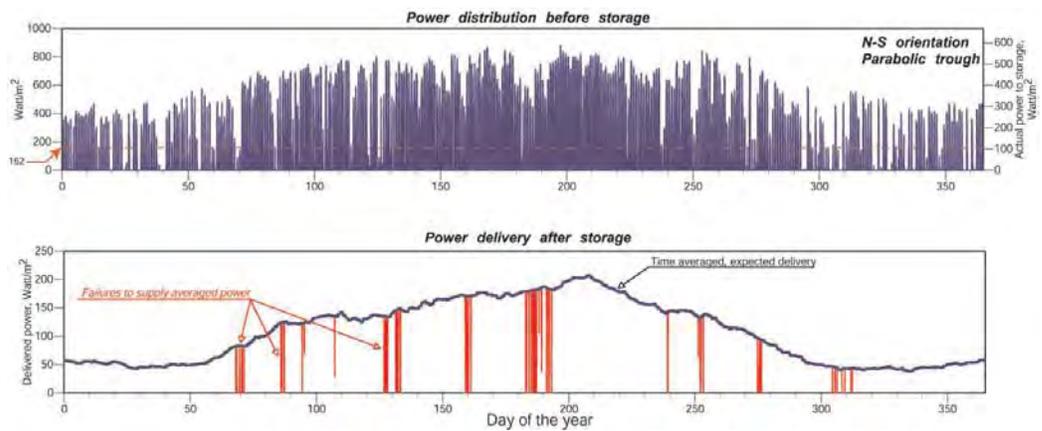


Fig. 3 :
 Storage operation

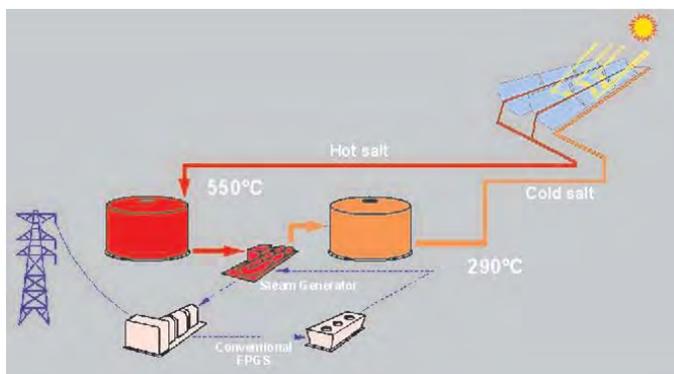


Fig. 4 :
 Solar plant general layout

line where the receiver is positioned. The technology was fully demonstrated by the so-called SEGS, built in USA during the eighties, but we believe that it can be shortly updated to better fulfil our objectives.

The improvements that ENEA is going to introduce in the technology are related both to the components, namely the solar collectors, and to general layout of the system.

As far the solar collectors are concerned, ENEA developed an innovative reflectors design mainly founded in the use of composite material as mirrors support, see figure 2 (*planche VII*). This materials guarantee a cheaper construction and mounting, offering the optimal reflection and maintenance of ordinary glass mirrors.

Another very important choice made by ENEA is trying to convert an intermittent source (solar energy on earth), which exhibits time discontinuities, into a continuous energy flow. There are several types of discontinuity which can be roughly divided in four broad classes: (i) accidental, unpredictable, generally short term, interruptions of direct solar intensity due to clouds movements, during an otherwise productive day; (ii) the night-time idling period; (iii) bad days, due to adverse weather conditions; (iv) seasonal variations, related to the yearly cycle. These different classes of discontinuities correspond to different storage times. While variations of types (i) and (ii) may be completely smoothed out by an energy storage of a few tens of hours, type (iii) may require several days of storage, depending on the location of the installation, finally type (iv) are hard to compensate with storage and they should be taken into account in the exploitation schedule as an inevitable characteristic of the cyclic nature of the solar power generated (it should be noted that this kind of variation is less important at lower latitudes).

The graph in figure 3 (*planche VII*) shows the decoupling function of the storage. In the upper part the direct radiation on the reflector plane is plotted for a whole year. We can see the night time idling period, the presence of cluster of bad days and of course the seasonal variation. In the second plot is showed the expected thermal delivery after storage. The trend is smoothed but the seasonal variation and some failures in the delivery due to persistent bad weather conditions still remain.

Dealing with thermal energy, the thermal storage is the most suitable and efficient system. As storage media we adopted a mixture of nitrate salts (60 % NaNO_3 - 40 % KNO_3) that we used as heat transfer fluid too and which is circulated through the collectors.

The schematic layout of the whole system is shown in figure 4 (*planche VII*). A mixture of molten salts is taken from the cold tank at 290 °C, is heated at about 550 °C by the sunrays passing through the parabolic trough and, then, is stored in the hot tank for future or immediate use. When needed, the salt from the hot tank will be pumped into a heat exchanger to produce steam for any use for instance to generate electricity and again recovered in the cold tank.

The program will be basically deployed through three steps: the realisation of test bench loop for component testing; the construction of a pilot plant for the whole system testing (4 MW_e) and the realisation, in cooperation with industrial partners, of demonstration plant(s) each one with a continuous power output of 30-40 MW_e.

The high temperature path

The second strategic choice of the ENEA programme is focused on hydrogen production using solar energy.

A key feature of the solar energy is that it is most suited for locations otherwise desert, cheap land, in good sunlight exposure conditions (the "Sun Belt", see figure 1). On the other hand, energy is generally needed far away from the production point, where population is resident and where the cost of land, necessarily much higher because in demand, is not economically suited for large scale installations. Therefore when choosing the technological options to harness solar energy, one must take also into account the choice of the related "energy carrier".

The introduction of *hydrogen* (H_2) as energy carrier in substitution to natural gas requires no major technological breakthroughs. H_2 is a remarkable energy carrier. It is technically feasible to replace oil and natural gas with H_2 in virtually all present uses. H_2 can be stored, transported and delivered using technologies that are similar to those used for natural gas.

But in order to maintain the whole process emission free, we have to produce hydrogen using renewable sources as solar energy. This can be done splitting the water molecule in an appropriate way. Unfortunately the simplest methods (electrolysis and pure thermal splitting) are inadequate for efficiency and feasibility considerations. We have to pass through a more complex chemical path setting up a thermochemical process. Several alternative methods have been developed, in which dissociation of water is the end product of a more complicated chain of chemical reactions, with the advantage of a much lower operating maximum temperature, typically of the order of 850 °C. In any case the temperatures required for such processes are higher than those previously considered, hence the concentrating system has to be different too. In this case a double axis concentrating system is required.

There are several thermochemical processes proposed by science community in the past years. We selected few of them that we consider more promising :

1. University of Tokyo 3 process (UT3) – 750 °C ;
2. Sulphur Iodine (General Atomic) – 850 °C ;
3. Metal Oxide – 1000 °C ;
4. Zinc oxydation – 2000 °C.

The ENEA program will investigated in details these processes in order to select the more efficient and feasible one. Furthermore we will develop the appropriate concentrating system to be coupled to the selected process and we foresee to design and construct a small scale nominally 2 m³/h solar production plant in our Advanced Solar Laboratory LASA in Montalto.

Conclusion

The scientific and technology communities have to address the problem of future energy supply. From our point of view, solar energy has to play an important role in the future energy supply scenario.

Mediterranean countries are in a good position as regards the solar irradiation and should not lose this great opportunity.

The ENEA program, here presented, is focused on preparing the basis for a future solar energy massive utilization.

Augusto Maccari

Via Anguillarese, 301 00060 Rome, Italie
maccari@casaccia.enea.it

Recherche et développement pour l'énergie nucléaire du futur

Patrice Bernard

Directeur du développement et de l'innovation nucléaires, CEA, Saclay, France

Enjeux énergétiques et environnementaux

La consommation énergétique mondiale a été multipliée par treize en un siècle et devrait être vraisemblablement, en 2050, deux fois plus élevée qu'aujourd'hui.

En l'absence d'inflexions majeures, la poursuite de la production énergétique dans les conditions actuelles, essentiellement basée sur les énergies fossiles, conduirait à :

- épuiser les ressources actuellement connues de pétrole et de gaz en quelques générations ;
- avoir doublé, en 2050, les émissions annuelles de gaz à effet de serre, alors que, conscient de leurs possibles impacts sur l'évolution du climat, les pays industrialisés ont pris l'engagement dans le protocole de Kyoto, de réduire leurs émissions, sur la période 2008-2012, de 5 % par rapport au niveau de 1990 ;
- voir peser sur les économies de nombreux pays des pénalités et des incertitudes liées aux cours du pétrole et du gaz et aux risques de rupture d'approvisionnement, notamment pour les pays qui, comme la France, ne disposent pas de réserves naturelles en combustibles fossiles.

Afin d'éviter de tels risques, les enjeux globaux sont donc les suivants :

- stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique ;
- d'ici à cinquante ans, pouvoir en perspective satisfaire la consommation énergétique de 9 milliards d'habitants sur la planète (soit 3 milliards de plus qu'en 2000), en leur permettant des conditions de vie au moins aussi bonnes que celles d'aujourd'hui, et en permettant notamment aux 2 milliards de personnes aujourd'hui sans électricité d'y avoir accès ;

- contribuer à ce que nos descendants disposent à long terme des conditions leur permettant une production énergétique et un développement durables.

Les économies d'énergie et les énergies renouvelables pourront et devront apporter leur contribution à ces objectifs, mais cela ne sera pas suffisant, notamment au regard des besoins des pays en développement, et l'énergie nucléaire peut apporter durablement une solution à la hauteur de ces enjeux : des ressources sur le long terme et sans émissions de gaz à effet de serre ou toxiques.

Dans cette perspective, les **trois objectifs majeurs pour la R&D** pour l'énergie nucléaire sont les suivants :

- ♦ **Soutenir l'industrie nucléaire actuelle** : accroître la compétitivité économique du kWh nucléaire, tout en faisant encore progresser la sûreté à tous les stades de l'activité, notamment par l'extension de la durée de vie des réacteurs, l'augmentation des performances des combustibles, ainsi que l'amélioration des procédés de traitement des combustibles usés, et développer de nouveaux assemblages de combustibles permettant de **valoriser l'ensemble du potentiel énergétique du plutonium** contenu dans les combustibles usés¹, et de stabiliser son inventaire (équilibre des flux consommés et produits par le parc électronucléaire).
- ♦ Répondre aux préoccupations du public concernant l'impact sanitaire et environnemental des activités nucléaires
 - en proposant des **solutions techniques, efficaces et acceptables, pour la gestion des déchets radioactifs**, qu'il s'agisse de réduire leur quantité et leur nocivité, de les entreposer ou de les stocker ;

¹ *Le contenu énergétique des combustibles usés déchargés des REP du parc français représente plus de 24 millions de TEP/an.*

- en progressant dans la compréhension des effets biologiques des rayonnements ionisants aux faibles doses et des composés chimiques produits par l'industrie nucléaire ;
- en renforçant la compréhension et la maîtrise de l'impact environnemental des activités nucléaires ;
- ♦ concevoir, évaluer, **développer une nouvelle génération de systèmes (réacteur - cycle du combustible)** et les technologies clés sur lesquelles elle repose, sur la base des critères suivants :
 - compétitivité économique renforcée (réduction des coûts d'investissement notamment) ;
 - sûreté et sécurité encore accrues (combustibles et matériaux offrant une très grande résistance en situation accidentelle...) ;
 - préservation de l'environnement : outre l'absence d'émission de CO₂ et de gaz toxiques,
 - réduction considérable des déchets radioactifs à vie longue ;
 - utilisation optimale du combustible et des ressources naturelles ;
 - aptitude à d'autres utilisations que la production d'électricité (hydrogène, dessalement de l'eau).

Les types de réacteurs

Avec près de 400 réacteurs de puissance en service dans une vingtaine de pays, l'énergie nucléaire contribue à 17 % de la production mondiale d'électricité.

Les réacteurs à eau dominent le marché actuel de la production d'électricité

Situation actuelle

L'essentiel de cette production est assuré avec des réacteurs à eau, pressurisée ou bouillante, dont la conception, mise au point il y a une quarantaine d'années, a évolué progressivement vers des unités de taille croissante, pour en améliorer l'économie, mais aussi de complexité croissante, pour satisfaire des critères de sûreté de plus en plus exigeants.

Ces réacteurs sont alimentés avec un combustible à l'uranium faiblement enrichi, d'un coût modéré et d'une très grande fiabilité. Pendant la période où ce combustible est utilisé dans le réacteur, quatre ans en moyenne actuellement, il se charge en plutonium qui contribue *in situ* à plus du tiers de la production d'énergie.

Globalement, seulement 4 % de la quantité initiale d'uranium est consommée pendant cette utilisation du combustible, soit moins de 1 % de la quantité d'uranium naturel nécessaire à la production d'uranium enrichi. Déchargés des réacteurs après environ trois années d'irradiation, les combustibles usés contiennent 95 % d'uranium, 1 % de plutonium et 4 % de produits de fission. Seuls ces derniers constituent de véritables déchets, l'uranium et le plutonium pouvant être réutilisés. Dans un double souci d'économie de ressources et de gestion optimisée des déchets, certains pays, dont la France, procè-

dent à un traitement des combustibles usés pour séparer les matières énergétiques des déchets. L'uranium récupéré est en partie recyclé dans les REP et le reste est entreposé dans la perspective d'une éventuelle utilisation ultérieure dans des surgénérateurs. Le plutonium est recyclé dans les réacteurs actuels sous forme d'un combustible mixte uranium-plutonium, dit MOX.

Comme le montre le récent rapport de MM. Charpin, Dessus et Pellat, la compétitivité de la production française d'électricité nucléaire est assurée vis-à-vis de toutes les autres sources possibles. Seul le gaz, au niveau de cours qu'il connaissait avant la récente crise pétrolière, peut approcher des coûts comparables. Cette compétitivité du nucléaire sera encore accrue dans les prochaines années, avec un allongement de la durée de vie des réacteurs (prévisions initiales de 30 ans, objectif visé d'au moins 40 ans) et de nouvelles améliorations des performances des combustibles.

Évolution des réacteurs à eau

La maturité atteinte avec cette technologie a conduit logiquement les constructeurs à étudier une nouvelle génération de réacteurs de ce type. Les modèles franco-allemand EPR ou américano-japonais ABWR sont de cette famille. Ce sont de grands réacteurs de 1500 MW_e, bénéficiant de toute l'expérience de la génération actuelle, notamment dans le domaine du combustible, et dont les principales évolutions concernent la sûreté, avec, en particulier, de nouvelles dispositions pour limiter les conséquences d'accidents graves, de très faible probabilité, risquant de conduire à la fusion du cœur. La puissance unitaire élevée et le retour d'expérience des systèmes actuels permettent de maintenir des coûts proches de ceux de la génération actuelle en dépit des complications apportées par l'amélioration des dispositifs de sauvegarde.

Il faut noter que les États-Unis ont étudié, au cours des dix dernières années, des projets de puissances moins élevées (600 à 1000 MW_e) afin de pouvoir utiliser des dispositifs de sûreté dite passive (inertie thermique accrue du circuit primaire, modes de refroidissement passif en cas d'accident) et faciliter l'équipement de réseaux électriques moins denses. Ces développements n'ont cependant fait l'objet d'aucune réalisation industrielle.

Les réacteurs à neutrons rapides permettent de valoriser tout le potentiel énergétique du combustible, et de minimiser les déchets

La seconde technologie mature sur le plan industriel, même si l'expérience est considérablement plus limitée, est celle des réacteurs à neutrons rapides utilisant le sodium comme caloporteur. L'arrêt prématuré de Superphénix a mis un terme au développement de cette filière. Cependant, les avantages intrinsèques des réacteurs à neutrons rapides, seuls à pouvoir valoriser tout le potentiel énergétique de l'uranium et produisant moins de déchets de longue vie à production énergétique équivalente, demeurent et incitent les concepteurs à envisager d'autres caloporteurs que le sodium, notamment le gaz.

Les Russes militent fortement pour le développement d'un concept de réacteur à neutrons rapides utilisant le plomb comme caloporteur et doté d'un cycle intégré, c'est-à-dire ayant une unité de traitement des combustibles usés sur le site de façon à n'en extraire que les déchets de la combustion et de recycler immédiatement les matières énergétiques et les actinides de longue vie. C'est l'objet de l'initiative que le Président Poutine a présentée à New York lors du sommet du millénaire.

La technologie des réacteurs à neutrons rapides est également un élément important de la solution proposée il y a quelques années par Carlo Rubbia. Il s'agit d'un amplificateur d'énergie : le milieu dans lequel se développent les réactions de fission nucléaire, qui a, par ailleurs, toutes les caractéristiques d'un cœur de réacteur à neutrons rapides, n'étant pas tout à fait critique et nécessitant pour le maintien de la réaction en chaîne un apport de neutrons qui est fourni par un accélérateur. L'intérêt visé dans ce concept est de limiter les risques de grands accidents de criticité. Malheureusement, outre le fait qu'il n'est pas évident que l'amplificateur ait un gain significatif, il est certain que le coût du système serait très supérieur à celui d'un réacteur et que le bénéfice en termes de sûreté serait limité par la persistance du risque d'autres grands accidents, notamment par perte de refroidissement. Le concept d'un milieu sous-critique alimenté par un accélérateur demeure cependant une solution qui pourrait être intéressante pour brûler certains déchets à vie longue.

Les potentialités et les perspectives des systèmes du futur à caloporteur gaz

Les différents caloporteurs

Le choix du caloporteur apparaît aujourd'hui comme un élément majeur pour la définition de systèmes futurs :

- ♦ **L'eau** a le mérite d'être un fluide simple et bien connu, mais elle limite la gamme de températures accessible. Il en résulte un rendement limité au niveau des turbines et des circuits, avec un fluide biphasique sous forte pression. L'expérience actuelle montre que ce ne sont pas des handicaps, mais que cela limite les perspectives d'amélioration. De plus, l'eau n'est pas adaptée aux systèmes à neutrons rapides ce qui, à long terme, est une limitation beaucoup plus sérieuse.
- ♦ **Les métaux liquides** offrent beaucoup plus de souplesse en termes de températures, donc de rendement, et sont particulièrement bien adaptés pour les neutrons rapides. Mais ils présentent d'autres contraintes, les principales étant liées à la manutention du combustible, complexe, et aux difficultés d'accès pour inspection des structures.
- ♦ **Les caloporteurs gazeux** (en particulier l'hélium) : l'utilisation d'hélium comme caloporteur permet d'atteindre des rendements élevés, notamment dans les concepts modernes de HTR à cycle direct (l'hélium chauffé va directement au turboalternateur) en mettant à profit les technologies de turbines à gaz qui

ont fait des progrès considérables dans le cadre des centrales conventionnelles. Elle est compatible avec la technologie des neutrons rapides. Elle est également compatible avec une conception de réacteurs modulaires d'une puissance de quelques centaines de mégawatts (100 à 300 MW_e) bénéficiant à la fois de caractéristiques de sûreté essentiellement passives et de sérieux atouts pour une compétitivité économique effective, principalement grâce à une plus grande simplicité des circuits. Ces potentialités doivent être confirmées et font l'objet de plusieurs programmes internationaux de R&D.

Les premiers réacteurs à caloporteur hélium ont été développés dans les années soixante à quatre-vingt : les réacteurs à combustible compact (Peach Bottom en 1966, Fort Saint Vrain 1976, aux États-Unis) - cette technologie a notamment fait l'objet d'une coopération active entre General Atomic et le CEA -, ou à boulets (AVR en 1966, Schmehausen en 1986, en Allemagne).

Framatome s'y est intéressé récemment en entrant dans un consortium avec les Américains et les Russes pour un projet visant à brûler le plutonium militaire en excès (projet basé sur le concept GTMHR²). Par ailleurs, l'Afrique du Sud a lancé le projet PBMR³ sur une base technologique proche, pour ce qui est du réacteur, de celle qu'avaient développée les Allemands dans les années soixante-dix (projet basé sur le concept PBMR³). Le Japon, la Chine et l'Inde ont également développé des programmes expérimentaux sur les réacteurs à haute température, avec notamment la réalisation des réacteurs expérimentaux HTTR (30 MW_{th}) au Japon et HTR10 (10 MW_{th}) en Chine.

Enfin, plusieurs concepts de réacteurs à neutrons rapides à caloporteur gaz sont étudiés dans les principaux pays porteurs de cette technologie.

La gamme technologique RCG

Le caloporteur gaz, en particulier l'hélium, et la technologie des réacteurs à haute température, paraissent prometteuses pour développer une gamme technologique évolutive de réacteurs à caloporteur gaz (RCG), qui présente des potentialités attractives, en cohérence avec les critères assignés aux systèmes de nouvelle génération, industrialisables à partir des années 2020-2030 :

- ♦ économie : simplicité (un seul circuit en cycle direct), perspective de construction standardisée en usine (modules élémentaires de 100 à 300 MW_e, pouvant être assemblés en centrales de plusieurs modules, un site de production pouvant lui-même accueillir

² *GT-MHR* : Gas Turbine Modular Helium Reactor, *HTR* à cycle direct de 300 MW_e à combustible compact à particules.

³ *PBMR* : Pebble Bed Modular Reactor, *HTR* à cycle direct, de 115 MW_e à combustible à particules, agglomérées en boulets.

plusieurs centrales), courte durée de construction et investissement réduit, rendement énergétique élevé ;

- ◆ sûreté et sécurité :
 - combustible conducteur, réfractaire et hautement confinant, permettant un comportement très robuste aux transitoires accidentels ;
 - faibles interactions entre le caloporteur hélium et le fonctionnement du réacteur :
 - l'état du gaz caloporteur n'influence quasiment pas la réactivité du réacteur⁴ ;
 - absence d'interaction physicochimique entre l'hélium et les matériaux du réacteur (l'hélium est un gaz chimiquement inerte) ;
 - ces éléments apportant de bonnes caractéristiques de sûreté passive ;
 - caractéristiques du combustible pouvant présenter une grande résistance au risque de prolifération (à titre d'exemple, très hauts taux de combustion, non-séparation Pu/AM, retraitement intégré sur site) ;
- ◆ préservation de l'environnement :
 - minimisation des déchets (100 fois moins de déchets radioactifs de haute activité à vie longue que dans le cas des réacteurs à eau légère en cycle ouvert) et utilisation optimale des ressources, conduisant à une conception de cœur à spectre rapide et au recyclage intégral des actinides ;
 - deux fois moins de chaleur rejetée à l'extérieur⁵ ;
 - aptitude (température, rendement) à la production d'hydrogène pour les transports⁶ et d'eau potable⁷, qui sont aussi deux enjeux majeurs pour l'humanité et l'environnement dans les prochaines décennies.

Une gamme technologique évolutive

La gamme technologique RCG couvre une variété d'applications, depuis les concepts actuels de HTR à cycle direct issus des développements des années soixante-dix à quatre-vingt, combinés aux turbines à gaz modernes, jusqu'au RCG à spectre rapide et à cycle du combustible intégral. Elle peut être matérialisée par plusieurs configurations, déployables progressivement à plusieurs horizons temporels, notamment :

- ◆ à court terme, HTR à cycle hélium direct à la turbine, s'appuyant sur la technologie développée dans les années quatre-vingt ;
- ◆ à moyen terme :
 - RCG à très haute température (> 1000 °C) pour de très hauts rendements thermodynamiques et la production d'hydrogène, notamment par cycle thermo-chimique ;
 - modèle RCG destiné aux pays qui ne disposent pas d'expérience ni d'infrastructure dans le domaine de la production d'énergie nucléaire : caractéristiques de sûreté apportant une grande robustesse vis-à-vis du facteur humain, très grande résistance intrinsèque au risque de prolifération ;
 - pour le long terme, RCG régénérateur à spectre rapide et cycle intégral, transmutant l'ensemble

des actinides, pour une production durable d'énergie nucléaire (minimisation des déchets, utilisation optimale des ressources en combustibles).

Il convient aussi de considérer une configuration de RCG optimisé pour la transmutation des déchets radioactifs des réacteurs de la génération actuelle (actinides mineurs produits par les réacteurs à eau).

Stratégie et programmes de R&D

La stratégie de R&D se décline à partir des trois constats suivants :

- ◆ Le parc français de réacteurs, avec les installations du cycle associées, apporte 80 % de l'électricité ; il est jeune (le renouvellement des réacteurs les plus anciens est envisagé à partir de 2020) et il est basé sur une technologie de très grande maturité industrielle, maîtrisée par l'industrie et la R&D nationales. Pour satisfaire des besoins à court ou moyen terme, les réacteurs à eau évolutionnaires, en particulier EPR, offrent toutes les caractéristiques de sûreté, de compétitivité, et bénéficient du très important retour d'expérience des systèmes actuels ; il paraît indispensable de construire rapidement un prototype de l'EPR tant pour maintenir la capacité du parc que pour donner un maximum de chance à l'industrie française, notamment sur les marchés asiatiques. Il importe dans cette perspective d'illustrer les performances accrues d'EPR en matière d'aval du cycle, en menant en 2001-2002 un volet d'études complémentaires illustrant l'aptitude de ce nouveau réacteur à consommer le plutonium (et potentiellement certains actinides mineurs). Dans tous les cas, en France et à l'international, les réacteurs à eau

⁴ *Ce qui n'est pas le cas ni pour les réacteurs à eau (et notamment le contrôle en fonctionnement de la stabilité des réacteurs à eau bouillante nécessite des dispositions particulières) ni pour les réacteurs à métaux liquides.*

⁵ *Avec un rendement thermodynamique 50 %, pour un GW produit, un GW est rejeté à l'extérieur, soit deux fois moins qu'avec un réacteur à eau légère de rendement 30 %.*

⁶ *L'hydrogène paraît appelé à jouer un rôle majeur dans les transports, plus pour des raisons de limitation de pollution que de préoccupations de ressources à long terme ; toutefois, les modes de production d'hydrogène envisagés à partir d'énergie fossile (pétrole ou gaz) ou de biomasse sont générateurs de gaz carbonique ; une production nucléaire d'hydrogène permettrait d'éviter ces rejets et d'économiser sur les réserves d'hydrocarbures.*

⁷ *L'utilisation directe de la chaleur, que ce soit la production spécifique d'une centrale où l'utilisation des calories des eaux de refroidissement en marge de la production d'électricité, n'a connu jusqu'à présent que des applications limitées ou expérimentales ; le défi d'alimentation en eau potable de grandes agglomérations urbaines à travers le monde conduira inévitablement à reconsidérer cette utilisation de la chaleur pour le dessalement de l'eau.*

légère constitueront pendant plusieurs décennies la plus grande part de la production d'énergie nucléaire.

- ♦ Pour poursuivre le développement de l'énergie nucléaire, il faut apporter des solutions techniques efficaces et acceptables pour la gestion à long terme des déchets radioactifs produits par les réacteurs actuels ; les solutions existent et pourraient être mises en œuvre de manière progressive :
 - avant tout, la consommation du plutonium, qui est à la fois un élément hautement énergétique et le principal contributeur à la radiotoxicité à long terme du combustible usé, en le multirecyclant dans les REP afin d'éviter de destiner au stockage géologique profond des quantités significatives de plutonium ; le développement de nouveaux assemblages au plutonium rendra possible ce multirecyclage, permettant que seuls les produits de fission et les actinides mineurs soient adressés au stockage profond, après leur vitrification, assurant un confinement à très long terme ;
 - une étape de plus pourrait être de mettre en œuvre la séparation poussée des actinides mineurs (qui représentent après le plutonium la seconde contribution à la radiotoxicité à long terme) ; le résultat serait que les nouveaux colis vitrifiés, exempts d'actinides mineurs, verraient leur radiotoxicité potentielle redescendre au niveau de celle de l'uranium naturel au bout de quelques centaines d'années. Les actinides mineurs pourraient être conditionnés sous une forme permettant leur transmutation ultérieure dans les systèmes de nouvelle génération ;
 - étudier le stockage géologique, afin de disposer d'une solution sûre à long terme et exempte de charge de surveillance pour les générations futures, pour stocker les déchets ultimes, en bénéficiant de la réduction considérable de la radiotoxicité apportée par la transmutation ;
 - enfin étudier aussi, conformément à la loi de 1991, la voie de l'entreposage de longue durée, afin de disposer de plusieurs solutions ouvertes et de contribuer à la flexibilité dans leur mise en œuvre.
- ♦ Il est nécessaire de préparer dès à présent l'avenir du développement de l'énergie nucléaire, en étudiant et en développant une nouvelle génération de systèmes de production d'énergie nucléaire, dans une démarche intégrant globalement les aspects réacteurs et cycle, la gamme technologique RCG nous paraissant présenter les meilleures caractéristiques de ce point de vue.

Un important programme de R&D est consacré au développement, en partenariat national et international, de la nouvelle gamme technologique RCG et des technologies clés associées :

- le combustible réfractaire et confinant ;
- les procédés de traitement des combustibles usés et de recyclage ;
- les matériaux résistant aux hautes températures ;

- la technologie des circuits d'hélium à haute température ;
- les études de systèmes et de sûreté, ainsi que le développement des outils de calcul nécessaires à l'étude de la chaudière RCG en termes de faisabilité, de performances et de sûreté ;
- les autres applications de l'énergie : hydrogène, dessalement ;

avec **trois principales démonstrations expérimentales** à réaliser **dans les dix prochaines années** :

- **un démonstrateur flexible de réacteur RCG**, de petite puissance (**20 à 40 MW_{th}**), réalisé à **Cadarache** et en opération en 2012, permettant de **démontrer l'ensemble du potentiel de la gamme RCG** et de qualifier les technologies clés pour les cinq configurations décrites au paragraphe précédent, et notamment le fonctionnement en **neutrons rapides, les performances de transmutation et d'isogénération**, le contrôle du fonctionnement et de la réactivité du cœur, ainsi que la qualification du combustible ; les premières études de neutronique expérimentale débiteront sur le réacteur MASURCA, qui jouera le rôle de maquette critique de ce démonstrateur ;
- une **boucle d'essai intégrale** inactive et évolutive, en conditions représentatives des composants RCG et des circuits d'hélium, afin notamment d'illustrer la robustesse du fonctionnement en situations accidentelles (perte de débit ou de pression d'hélium...), la technologie des matériaux à haute température et des circuits d'hélium ;
- **une expérience de cycle intégral** à réaliser sur quelques kg de combustible RCG irradié ;

et, **en perspective 2015-2020**, un **prototype industriel d'un module RCG industriel** d'une puissance de **100 à 300 MW_e**, qui pourra être réalisé dans un cadre international.

Ces recherches bénéficient d'une très importante dynamique de coopération internationale (Europe, États-Unis, Japon, Russie...).

Un «Forum International Generation IV» a été lancé à l'initiative des États-Unis en janvier 2000 (il regroupe dix pays dont les États-Unis, le Japon, le Royaume-Uni et la France) pour la recherche et le développement des systèmes futurs de production d'énergie nucléaire de quatrième génération pour le marché à l'horizon 2030 et les perspectives ouvertes à l'énergie nucléaire aux États-Unis.

Questions

Quelqu'un dans le public :

Ma question concerne le recyclage des combustibles utilisés dans les réacteurs à gaz. Quel est l'horizon de la faisabilité du recyclage, est-ce étudié uniquement en France ou au niveau international ?

Patrice Bernard :

Vous avez raison de rappeler que la technologie des réacteurs HTR des années soixante-dix à quatre-vingt n'était pas particulièrement orientée vers la retraitabilité de ces combustibles à microsphères. On cherchait au contraire à tirer le maximum d'énergie du combustible en lui faisant atteindre des taux de combustion élevés, et après, le combustible usé était considéré comme un déchet. Par contre, il est très clair que, par rapport aux enjeux énergétiques, il faut pouvoir tirer le maximum du combustible, et que, par ailleurs, la préoccupation de minimiser les déchets radioactifs à haute activité et à vie longue est authentique, et il faut y répondre. Et cela amène inéluctablement à du cycle fermé, donc il faut traiter les combustibles usés et recycler dans le cœur du réacteur tout ce qui est noyaux lourds de façon à les consommer et les faire disparaître entièrement. Les conclusions de génération IV sont unanimes : les systèmes de 4^e génération, pour satisfaire les objectifs, doivent avoir un cycle fermé. La situation héritée du passé, où les États-Unis n'affichaient pas d'intention de retraiter les combustibles de leurs réacteurs à eau et de les stocker dans un site profond pour solder le passé, n'est pas contradictoire avec une évolution radicale de leur position sur le fait qu'il faut faire du cycle fermé pour le futur. Nous travaillons en coopération notamment avec eux, et avec les Japonais, dans ce sens.

Quelqu'un dans le public :

Vous avez fait allusion à la possibilité d'un système hybride sous-critique. Concernant le problème de la sûreté et de la maintenance, une turbine intégrée au circuit primaire ne suppose-t-elle pas qu'il faudra attendre un certain temps pour l'intervention ou la maintenance ?

Patrice Bernard :

Le système que je vous ai présenté est un système critique. Les caractéristiques du combustible, avec l'ensemble des actinides (uranium, plutonium, actinides mineurs), font que ces réacteurs ont les mêmes caractéristiques de contrôlabilité que les réacteurs industriels que nous connaissons aujourd'hui. Vous avez parlé de système hybride, c'est-à-dire un réacteur qui est légèrement sous-critique et alimenté par une source de neutrons externes, produite par spallation à partir d'un accélérateur de protons. Cette situation pourrait être considérée dans le cas où l'on souhaiterait des configurations dédiées où l'on ne mettrait dans le cœur que les actinides mineurs. Mais les réacteurs pour la production d'énergie de 4^e génération, industrialisables en 2020-2030, sont des réacteurs critiques, et ils n'ont pas de difficultés de contrôlabilité différentes de celles qu'on connaît aujourd'hui et qui sont résolues.

Quant à l'aspect maintenance, vous dites : il y a un circuit en cycle direct. Je vous ai montré un bloc réacteur d'un côté, et le bloc turboalternateur de l'autre. Il existe aujourd'hui une filière de réacteurs qui s'appellent les réacteurs à eau bouillante, où l'eau activée va directement dans la turbine, et l'expérience d'exploitation et de

maintenance de ces réacteurs, où il y a une légère activation du circuit secondaire, est satisfaisante et à maturité industrielle. Il n'y a pas de spécificités particulières dans le cas des systèmes à l'hélium, et, en plus, l'hélium est transparent aux neutrons et ne s'active pas. Mais en termes de dimensionnement, de sûreté, il est clair que l'hypothèse qu'il puisse y avoir une légère activation sera prise en considération, et nous nous retrouverons dans des dispositions assez similaires pour les réacteurs à eau bouillante, qu'on maîtrise industriellement aujourd'hui.

Quelqu'un dans le public :

Le développement durable, dans sa définition, est l'utilisation et la valorisation de ressources, au mieux, pour aujourd'hui et pour les générations futures, ce qui suppose une approche spatiotemporelle différente. Je m'interroge sur la compatibilité de ce concept spatiotemporel à très long terme et l'utilisation de la notion de développement durable pour vendre l'idée du nucléaire, alors qu'on a un certain nombre d'incertitudes sur le recyclage des déchets, quelles que soient les garanties qui sont prises.

Patrice Bernard :

D'où l'insistance, au cours de ma présentation, à souligner les caractéristiques des systèmes d'énergie nucléaire de 4^e génération qui, associées à l'abondance des ressources en uranium, dans le sol et même dans l'eau de mer, sont un atout à long terme pour un développement énergétique durable, en répondant à la préoccupation du réchauffement climatique, qui est réelle, l'énergie nucléaire ne dégageant pas de gaz à effet de serre. La préoccupation du public concernant les déchets radioactifs à haute activité et à vie longue doit aussi être prise en considération, d'où l'importance des développements technologiques que je viens de décrire pour réduire à des durées beaucoup plus courtes les déchets résiduels et faire en sorte que leur radioactivité revienne au niveau de l'uranium naturel en quelques centaines d'années.

Quelqu'un dans le public :

Étant donné les caractères de robustesse et de compacité des réacteurs du type RCG, n'est-il pas probable que l'on connaisse une utilisation militaire, par exemple pour la propulsion de sous-marins ou de navires de surface, avant de connaître une utilisation civile ?

Patrice Bernard :

Pour propulser un navire, c'est principalement à la technologie des réacteurs à eau qu'on fait appel ; elle est très compacte, d'un facteur 3 à 4 par rapport aux réacteurs à gaz.

Patrice Bernard

CEA, DEN, DDIN - Bât. 121, Pièce 370 B - 91191 Gif-sur-Yvette - France
patrice.bernard@cea.fr

Desalination and reuse *(cf planche VIII et IX)*

Bruce Durham

Vivendi Water, Grande-Bretagne

Different types of salt water

Not all seawater is alike. It contains different quantities of mineral elements depending on whether it's from a warm or cold ocean, from open or closed sea and the influence of dilution from local estuaries.

A few examples are compared below:

<i>Brackish water</i>	<i>0.5 to 3 g/l</i>
<i>North Sea (near estuaries)</i>	<i>21 g/l</i>
<i>Atlantic Ocean</i>	<i>35 g/l</i>
<i>Mediterranean Sea</i>	<i>38 g/l</i>
<i>Persian Gulf</i>	<i>45 g/l</i>

The Dead Sea almost reaches the limit for the amount of salt that can be dissolved in water, with approximately 300 g/l.

What salt typically consists of:

<i>Sodium chloride</i>	<i>77.75 %</i>
<i>Magnesium chloride</i>	<i>10.88 %</i>
<i>Magnesium sulphate</i>	<i>4.74 %</i>
<i>Calcium sulphate</i>	<i>3.60 %</i>
<i>Potassium sulphate</i>	<i>2.47 %</i>
<i>Calcium carbonate</i>	<i>0.35 %</i>
<i>Magnesium bromide</i>	<i>0.21 %</i>

A bit of history

The origin of seawater desalination started with the Navy as their steam ships needed large quantities of freshwater.

Reverse Osmosis now provides the smaller quantities required for the gas turbine powered ships.

Thermal distillation systems were developed to a very high level of efficiency for the onshore needs of the OPEC countries which – despite not having sufficient water resources (lower than 1,000 m³/year) – enjoy the considerable advantage of having low cost energy.

For countries situated by the sea, that suffer from a lack of fresh water or areas that have to cope with an influx of tourists when the water resource is at its lowest point, there is only one solution: integrated water resource management through efficient water usage, water reuse and seawater desalination by distillation or reverse osmosis.

Desalinating seawater separates the water into two parts: fresh water and concentrated brine. Although this process requires very little power in theory, in practice it needs much more due to the real efficiency of the ther-

modynamic cycle and rotating equipment. For example, seawater containing a salt concentration of about 40 g/l, the theoretical energy required to desalinate 1 m³ is 1 kWh, whereas in practice, the best facilities consume at least 5 times more energy (about 5 kWh per m³).

In the market, there are two main techniques for desalinating seawater: membrane separation (reverse osmosis) and thermal processes (distillation). The total desalination market, including reuse, is shared 50:50 between thermal and membrane systems on installed or contracted projects up to 2001. Seawater desalination projects from 1996 to 2001 include 64 % thermal and 34 % membrane. Seawater desalination capacity is 18 Million m³/day out of the total capacity of 30 million m³/day with more than 14,000 units in 120 countries (Ref. : *Desalination & Water reuse*. May/June 2002, Vol. 12/1, Page 50).

Water obtained by distillation is very pure; it is used in industrial processes or for human consumption. For potable use distillate has to be remineralised as well as slightly chlorinated in order to maintain its quality throughout the distribution network to the consumer's tap.

The reverse osmosis process, however, doesn't generally remove as much salt as distillation and requires further treatment for boiler feed applications (subject to specific designs).

Desalination is also used extensively for the removal of salt from brackish groundwater or wastewater. These applications have expanded rapidly in coastal and inland regions that are short of water or need to take advantage of the lower production costs compared to importing water or desalinating seawater.

Brackish wastewater treatment requires less energy due to its lower salinity. Potable water can be produced at a lower cost for aquifer recharge, industrial applications or irrigation water.

Reverse Osmosis

This is the principal membrane process used in water desalination. Reverse osmosis (RO) membranes act as a molecular filter which rejects all particles bigger than 1 Angström (eg, bacteria, viruses and organic matter) as well as monovalent ions. For water to pass through the semi-permeable membranes, pressure greater than the osmotic pressure (which is 32 bars for seawater of 40 g/l) has to be applied.

The reverse osmosis process is sensitive to variations in inlet water quality. It is well-suited to low fouling brackish waters but efficient pre-treatment is required on any RO application especially wastewater to prevent fouling of the membrane.



The Curacao plant uses a thermo-compression distillation (MED) to produce potable water from seawater.

Brackish water RO = BWRO
Seawater RO = SWRO



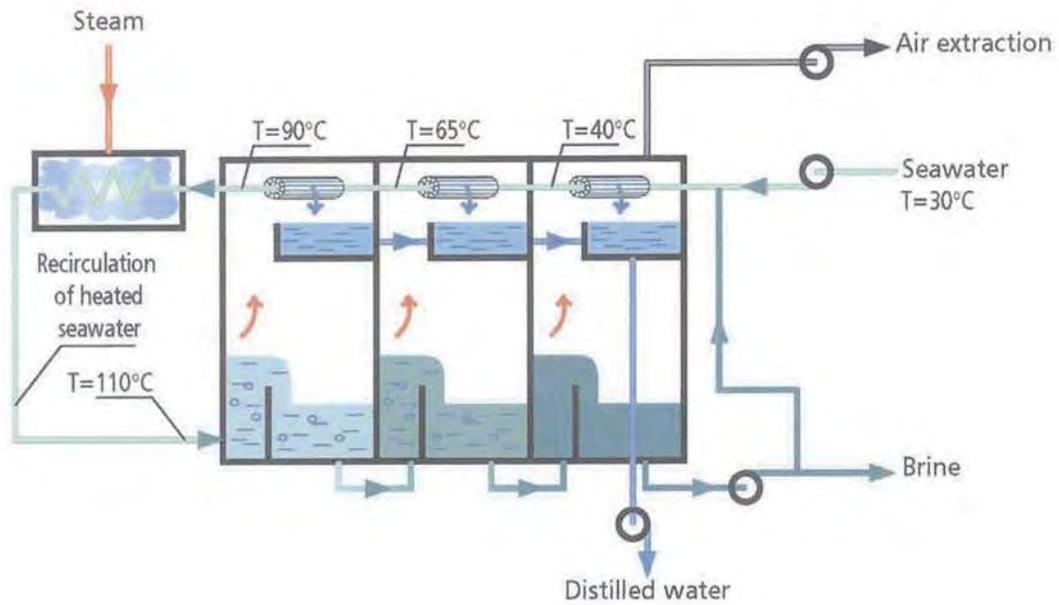
85,000 m3/d BWRO system providing process water for industry



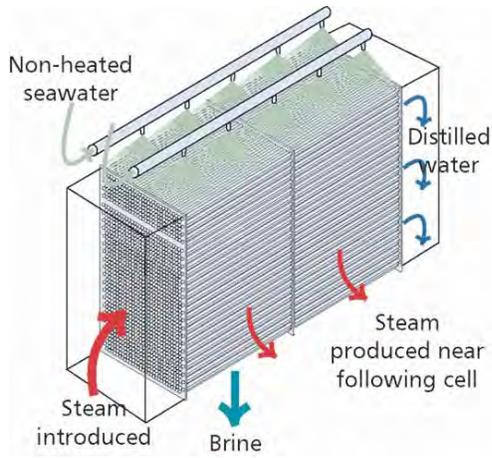
Al Khobar Phase II MSF coupled to power plant in Saudi Arabia. 1979, 267,000 m3/d



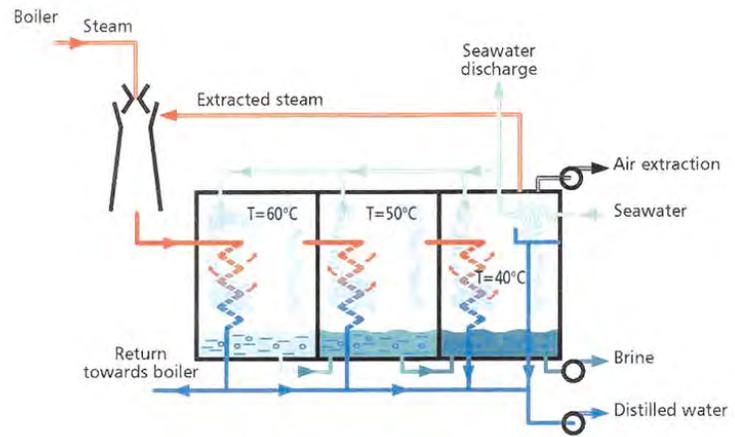
The natural water cycle evaporating seawater and surface water to produce fresh water



MSF process diagram



View of MED cell design



MED-TVC process diagram



High efficiency MED installation in UAE.



Cash food crop production with desalinated wastewater in controlled climate with micro-irrigation in area blighted by soil salinisation due to saline ingress.



Submerged microfiltration system similar to the OCWD, Water Factory 21 California system to treat 325,000 m³/day secondary sewage pre RO for saline ingress control and indirect potable reuse. Decision based on 25 years of RO operating experience and extensive pilot studies repurifying wastewater.

Distillation

Distillation is the oldest and most commonly used method of desalinating seawater since they are suitable for all types of seawater and require only minor pretreatment (screening and chlorination). Whatever the technique used, the basic principle of distillation is to reproduce the natural phenomenon of rain production by concentrating the process in both time and space.

In a closed environment, two phases (water and its vapour) are in equilibrium at a given pressure and temperature. For example, at atmospheric pressure (1 bar), water at 100 °C is in equilibrium with its vapour, but at a pressure level of 0.1 bar, the boiling temperature is lower, at around 45 °C.

2 bar	120 °C
1 bar	100 °C
0.25 bar	65 °C
0.1 bar	45 °C

Temperature at which water boils when the pressure varies

The major drawback with distillation is the high consumption of energy needed to heat the water.

In order to reduce the operating costs of these facilities, the ideal solution is therefore to couple them onsite with a power plant. In that case desalination units take advantage of the low-grade energy at the outlet of the turbines.

Multi-Stage Flash Distillation

Multi-Stage Flash distillation (MSF) or the “Big Kettle process” was developed for the Gulf States in the 1970’s and still represents 90 % of the desalination units which have been set up in the region.

When superheated seawater is introduced into a vacuum tank, the water cools down, spontaneously releasing vapour to be in equilibrium with the pressure. When it comes into contact with a cold surface in the vessel, the water vapour condenses and produces distilled water, which is free of all dissolved salts. The name given to the remaining water – which has a high concentration of salts – is brine.

The MSF technique applies this principle to seawater that circulates through a series of cells where the pressure is gradually reduced.

As the seawater passes through each cell, it successively releases the quantity of vapour needed to restore equilibrium with the prevailing pressure. The initial temperature is around 110 °C and it reduces to 40 °C in the final stage.

In the upper part of each cell, the released vapour condenses to produce distilled water as it comes into contact with a bundle of tubes in which pre-treated cold seawater circulates. Warming up as it goes through the system from coldest to warmest stage, this water is used in the first distillation cell, after a supplementary input of energy (to reach 110 °C).

The distilled water is recovered in a tray located beneath the tube-bundles and pumped from the last cell. Meanwhile, the brine remaining in the lower part of the cells is also pumped out, and discharged back into the sea.

In this type of system, it is necessary to add scale and foam-inhibiting products in the water circulation network. Furthermore, the inside surfaces of the tubes are kept constantly clean by the use of small sponge balls, which are recovered at the outlet.

The MSF process is a mature and reliable technique. Large-scale facilities producing up to 50,000 m³ of water per unit per day can be built and operated in parallel.

In terms of energy MSF units are not as efficient as the latest Multiple-Effect Distillation systems.

Multiple-Effect Distillation

Multiple-Effect distillation (MED) also works on the principle of inducing seawater evaporation and vapour condensation inside a series of cells. Each cell is fitted with horizontal tube exchanger, which form a parallelepipedal bundle.

Vapour is introduced into the tubes of the first cell and simultaneously cold seawater is sprayed onto the bundle. This flows by gravity onto the outside of the heating tubes. With the resulting heat exchange, the vapour condenses inside the tubes and produces freshwater, while some of the seawater streaming over the outside of the tubes is transformed into vapour. The new vapour is then fed inside bundle tubes of the second cell. This operation can be repeated several times. Series of up to 12 cells have been constructed.

At each stage, freshwater is recovered at the bundle outlet while brine collects in the lower part of the cells. Roughly speaking, this technique enables 1 kg of vapour to produce as many kilos of freshwater as there are cells in the series. When it comes into contact with the final condenser, the vapour produced by the last cell is condensed. A condensate flowrate equivalent to the steam input to evaporator is returned to the steam/condensate main.

A thermocompressor can be added to the system to improve its efficiency. It is fed with steam from the boiler and will recycle part of the vapour produced in one of the cells. This vapour mixture is used to heat the first cell. This process is called Thermal Vapour Compression (TVC).

Mechanical Vapour Compression (MVC) is another alternative. The vapour generated by the last cell is completely re-compressed by means of an electrical compressor. This process is very effective in terms of energy consumption (2 to 3 kg of fuel are needed to produce 1 m³ of distilled water versus 6 to 12 kg with thermocompression). A further advantage of the ‘all-electric’ system is that there are no problems of fuel supply and fewer regulatory constraints as far as safety (monitoring) is concerned. On the other hand, given the size of available com-

pressors on the market today, the production capacity of the MED-MVC process remains limited to 5,000 m³/day per unit.

In spite of its leading design and high energy efficiency (no recirculation pump) compared with the MSF system, the development of MED has for a long time been restricted by problems of scaling on the outside surfaces of the bundles. Twenty years ago the units needed descaling every 4 months, but this constraint is nowadays avoided by using new scale-inhibiting products, by optimising the sizing and by limiting the water temperature to 65 °C. Today, MSF and MED present similar levels of scale formation and require just one descaling – by acid cleaning – every 18-24 months approximately.

The MED process runs at higher water to power efficiency, costs less to build and operate than MSF systems.

Seawater desalination techniques have evolved a great deal over the past few years. With its reliability, attractive investment and operating costs, the MED process is often the most suitable technology available, especially when coupled with a compressor. Whereas a mechanical compressor may be a good choice for small-scale units (up to 5,000 m³/day) located in isolated areas, a thermocompressor is more appropriate for larger units particularly where steam is available. The MSF process is still favoured by most contracting authorities for very large-scale facilities (each unit producing 30,000 to 50,000 m³/day). There has been a gradual tendency to select MED process with the saving on investment of about 20 % as well as higher efficiency levels. For example MSF produces between 6 and 8 kg of freshwater per kg of vapour compared with 8 to 16 kg for MED process.

In comparison, reverse osmosis is more competitive on less fouling seawaters or in combination with a MED system to increase the overall efficiency of the system. The off-peak electricity generating capacity can then be used to run the SWRO system. These HYBRID systems are especially attractive in hot climates where the power load differential from summer to winter is 50 % due to air conditioning demand.

Water reuse

Reverse osmosis and nanofiltration (NF, a more open form of RO membrane that rejects salts at approximately 1 nanometer or 10 angstroms) are being increasingly used for repurification of wastewater with efficient pretreatment.

Brackish wastewater applications have grown dramatically in the last ten years due to the reduction in costs and increase in size of installations. These applications include indirect and direct reuse for potable use at flowrates up to 330,000 m³/day as well as producing high purity process water for boiler feed at power plants.

Over abstraction of groundwater is a global problem resulting in seawater intrusion and soil salinisation through irrigation with brackish water. Desalinated brackish municipal wastewater is being used in over 150 installations for industry, irrigation and aquifer recharge for saline ingress control.

Aquifer recharge with repurified wastewater at very large flowrates creates an opportunity to increase still further the HYBRID design efficiency by using the off-peak power generation capacity to repurify brackish wastewater currently discharged to the sea and further reduce the water production costs with a more sustainable solution.

Water stress

Water resource is finite in its ever-changing cycle. The effects of climate change, economic development, urbanisation and population growth are continually increasing the issue of water stress. Water stress is defined where water abstraction is greater than 40 % of the water available or where water availability is less than 1700 m³/person/year. Critical water stress is less than 1000 m³/person /year.

2.3 billion people live in water stressed areas. This is predicted to increase to 3.5 billion by 2025 representing 48 % of the World's population. There is also an argument in some areas that there is enough water but it is in the wrong place. When combined with a lack of efficient water resource management a water shortage is created. This is especially relevant when considering that the majority of wastewater globally is untreated.

Integrated Water Resource Management is becoming recognized as the only sustainable solution. This holistic water resource approach referred to as the Dublin – Rio principle (UNCED, Rio de Janeiro, 1992) highlights that freshwater is finite and vulnerable. That is essential to sustain life, economic development and the environment. Water development and management should be based on a participatory approach, involving users, planners and policy makers at all levels.

The solutions available to solve water resource problems are storage, conservation, identifying new resources, reuse of wastewater or creating «new water» by desalination of brackish or seawater.

These are the Integrated Water Resource Management (IWRM) tools available to provide a sustainable future.

Bruce Durham

Vivendi Water - Wirksworth, Derbyshire, DE4 4BG - Grande-Bretagne

bruce.durham@vivendewater.com

Le dessalement de l'eau de mer au Maroc

Azzeddine Elmidaoui

Université Ibn Tofai 1, Kénitra, Maroc

L'état actuel de la technologie

Le dessalement de l'eau de mer est aujourd'hui une technologie bien maîtrisée qui se répartit sur deux tendances : (i) la distillation (MSF, MED ou autre) et (ii) les procédés à membrane, spécialement l'osmose inverse et l'électrodialyse. Les autres techniques comme les résines échangeuses d'ions ou les techniques de congélation viennent en dernier.

En 1999, nous avons assisté pour la première fois à un renversement en faveur des techniques à membrane par rapport à celles de la distillation, et l'on estime aujourd'hui la production mondiale à 14 millions de m³ par jour d'eau dessalée par osmose inverse (au total, on estime à 25 millions de m³ par jour l'eau produite par dessalement).

Nous assistons aussi au remplacement de plus en plus prononcé des filières de traitements conventionnels de dessalement et de traitement des eaux par des filières de procédés à membranes, notamment l'ultrafiltration et la microfiltration. Plus de 2 millions de m³ par jour sont traités par ultrafiltration et microfiltration. La capacité de la nanofiltration, technique d'adoucissement, est estimée aujourd'hui à un million de m³ par jour. Ces technologies connaissent, de plus en plus, un grand succès dans le domaine du traitement des effluents, notamment les eaux usées, à travers les bioréacteurs à membrane. Les raisons du succès de ces technologies sont essentiellement la maîtrise des problèmes de colmatage des membranes, et la progression réalisée dans la conception des modules et l'élaboration des membranes.

En raison du volume croissant des marchés, les coûts sont devenus compétitifs. Les rejets de sel sont passés de 98,6 à 99,8 %, le coût énergétique du m³ est passé de 16 à 4 kWh/m³, le coût des membranes a également été diminué de 70 % et les frais du prétraitement ont été nettement améliorés notamment par l'utilisation d'autres procédés à membranes comme l'ultrafiltration ou la microfiltration, ce qui a permis d'augmenter les flux d'osmose inverse de 30 %. Le prix de revient est estimé aujourd'hui aux environs de 0,45 euro par m³. Les autres raisons du succès sont la meilleure qualité de l'eau obtenue, la facilité d'intégration industrielle, la fiabilité de ces technologies et le respect de l'environnement, ces technologies étant généralement propres.

L'apport de la recherche dans le succès des procédés à membranes s'est fait entre autres *via* l'amélioration de la qualité de la membrane. La mise au point des membranes fibres creuses a permis d'améliorer beaucoup la technique d'osmose inverse. La connaissance des mécanismes de colmatage a beaucoup progressé ainsi que la maîtrise

de la combinaison des procédés associant plusieurs opérations unitaires. Le défi essentiel pour ces technologies aujourd'hui est d'assurer, dans le temps, la quantité, la sécurité et la qualité, et de gagner la compétition technico-économique.

Au Maroc, la plupart des installations existantes sont basées sur l'osmose inverse, et l'activité principale dans les universités en termes de recherche sur le dessalement tourne autour des procédés à membranes.

Les activités de recherche au Maroc

Au Maroc, il y a un peu plus d'une vingtaine de laboratoires de recherche universitaire dont l'activité tourne autour du dessalement et du traitement des effluents, spécialement par procédés à membranes. Les moyens humains sont considérables ; cependant les problèmes d'équipement et de financement constituent des handicaps sérieux quant à la fonctionnalité de ces laboratoires.

L'ensemble de ces laboratoires s'est réuni dans un réseau appelé «Réseau marocain des membranes et des procédés de séparation», dont l'une des activités principales est le dessalement. La thématique générale est la conception et l'utilisation des membranes et des procédés de séparation pour le traitement des eaux et des effluents. L'objectif du réseau est l'échange d'expériences et d'informations ainsi que la promotion de l'application de ces procédés. Le réseau bénéficie d'un partenariat national et international important, mais la collaboration est majoritairement internationale : France, Espagne, Italie, Belgique, CEE. La contribution du secteur industriel national reste très limitée et le partenariat avec l'industrie étrangère est rare. Les principaux partenaires nationaux et internationaux de ces laboratoires sont l'Office national de l'eau potable (ONEP), l'Office chérifien des phosphates (OCP), les collectivités locales, les industries agroalimentaires pour les nationaux et pour les internationaux, l'Institut européen des membranes, le Club français des membranes, la CEE et l'European Desalination Society.

L'ensemble du réseau marocain agissant dans le domaine du dessalement s'intéresse particulièrement aux activités suivantes en relation avec les procédés à membranes : la synthèse, que ce soit la synthèse des membranes inorganiques ou des membranes organiques, la caractérisation conventionnelle normalisée et les différentes applications. Le bilan de ces recherches sur le plan scientifique est assez positif. La production scientifique est considérable à travers la formation, les publications, la diffusion des résultats ; cependant il faut reconnaître que les retombées sont modestes et compromises pour le secteur socioéconomique : seuls quelques cas rares d'expé-

riences de formation, des cas rares également d'emploi d'étudiants-chercheurs par l'industrie et des exemples isolés de partenariat aboutissant à des essais sur pilote, à des démonstrations sur site ou à des dimensionnements d'installation sont à signaler. L'impact sur la recherche et développement est positif. Le réseau contribue relativement au renforcement des liens université-industrie ; cependant il faut souligner que l'exploitation des résultats reste compromise dans le contexte national.

Les problèmes à la base de ce constat, partiellement d'échec, sont d'ordre intrinsèque, relatifs aux universitaires eux-mêmes et au système universitaire, et d'ordre extrinsèque, relatifs à l'environnement général de l'université.

Les problèmes intrinsèques peuvent être explicités comme suit : orientation beaucoup plus fondamentale des axes de recherche, absence de synergie recherche fondamentale-recherche appliquée, problème de fonctionnalité et d'adéquation de certaines équipes, ouverture insuffisante de l'université sur le secteur socioéconomique, infrastructure administrative et technique insuffisante et un voisinage intellectuel pauvre.

Les problèmes extrinsèques peuvent être résumés en une absence de stratégie nationale en matière de recherche et développement, un manque d'institutions assurant l'interface entreprise-université, une absence de politique d'incitation et d'aide financière et un voisinage socioéconomique difficilement pénétrable.

L'ensemble de ces problèmes est complexe et entremêlé, et il est difficile de proposer des solutions toutes prêtes, mais, dans un premier temps, il nous paraît nécessaire de procéder à un certain nombre de mesures pour pallier partiellement ces problèmes : élaboration d'une stratégie de recherche nationale ou régionale favorisant la synergie recherche-développement accompagnée d'une politique d'incitation financière, aide aux programmes de recyclage et de mise à niveau et création d'institutions assurant l'interface université-entreprise. Sur le plan de la collaboration internationale, il est recommandé d'élargir le partenariat binomial université-université aux entreprises des deux côtés.

La problématique de l'eau au Maroc

Le potentiel hydrique mobilisable est de 21 milliards de m³, soit environ 800 m³ par habitant, exclusivement conventionnel. La demande en eau en 2000 a été estimée à 420 m³ par habitant par an (en France : 1 000 m³ ; en Espagne : 3 000 m³). Un déficit est prévu d'ici à 20 ans, la dotation moyenne en eau décroîtrait de 800 à moins de 500 m³ par habitant par an. Les régions du Sud sont déjà dans la situation de stress hydrique. Les causes en sont principalement la sécheresse, la démographie galopante, la croissance économique, l'exode rural, l'urbanisation, l'irrigation et la pollution des nappes et des cours d'eau. Des solutions s'imposent. Quand c'est possible, les organismes s'occupant de la gestion de l'eau procèdent à la planification intentionnée et à la gestion vigilante et

intégrée, mais en cas de rareté de l'eau comme dans le Sud, il faut faire appel aux solutions non conventionnelles comme le dessalement. Cependant le dessalement a un coût d'investissement et d'exploitation qui n'est pas toujours accessible.

Bilan des installations de dessalement existantes au Maroc

Les installations de dessalement réalisées au Maroc ont été effectuées par deux organismes semi-publics : l'Office national de l'eau potable (ONEP) et l'Office chérifien des phosphates (OCP).

Bilan ONEP

- Les premières études de l'ONEP remontent à 1973.
- La première installation a été réalisée en 1975 pour une eau saumâtre au sud du pays, avec une capacité de 75 m³/j. La technologie adoptée a été l'électrodialyse.
- En 1977 une installation de dessalement d'eau de mer par distillation à compression mécanique de vapeur, d'une capacité de 250 m³/j, a vu le jour au sud du pays.
- 1995 a vu la réalisation des deux plus grandes installations de dessalement de l'eau de mer par osmose inverse de l'ONEP, dans les villes de Laayoune et Boujdour au sud du pays, de capacités respectives 7 000 m³/j et 800 m³/j.
- Un appel d'offres a été lancé en 2002 pour l'extension de la station de Laayoune à 14 000 m³/j.
- Un autre appel d'offres est en cours pour la réalisation d'une station de dessalement d'eau de mer par osmose inverse pour la ville de Tan Tan au sud du pays. La capacité demandée est de 3 500 m³/j.
- Plusieurs autres stations sont prévues, notamment au sud du pays, dont la plus grande pour la ville d'Agadir aux environs de l'an 2025. Sa capacité sera supérieure à 80 000 m³/j.

En parallèle avec ces réalisations, l'ONEP a mené tout un ensemble de réflexions sur l'énergie et plusieurs études sur l'optimisation du fonctionnement de diverses installations. Les réflexions menées sur l'utilisation de l'énergie solaire, gravitaire hydrostatique, atomique, ou de l'énergie éolienne ont montré que les coûts restent très élevés par rapport à l'énergie conventionnelle. Les études d'optimisation, notamment celles menées à la station de Laayoune ont permis une réduction considérable du coût de production. Aujourd'hui, la consommation d'énergie est de l'ordre de 5,5 kWh/m³ et le coût total du m³ est estimé à 1 euro. Ce coût inclut l'ensemble des opérations : énergie, réactifs, entretien, personnel, frais généraux et remplacement des membranes. Les études en cours sont optimistes et on s'attend encore à un abaissement du coût de production.

Bilan OCP

- La plus grande installation de dessalement de l'eau de mer par thermo-compression (MED) a été réalisée au sud du pays en 1996. Sa capacité est de 6 000 m³/j.

- Plusieurs études et appels d'offres sont en cours, notamment l'étude menée pour la réalisation d'une station de 30 000 m³/j à Jorf Alasfar, au centre du pays.

Conclusion

La diminution des ressources conventionnelles en eau, suite à la sécheresse intense des dix dernières années, pousse de plus en plus les décideurs à rechercher des ressources en eau non conventionnelles. Les études et les investigations sur ce sujet, et notamment sur le des-

salement, occupent aujourd'hui une place prépondérante parmi les priorités du pays. Sur le plan politique et afin d'accélérer les investissements il est même question d'adopter le système de contrat de concession au privé dans certains cas. Au cours de la décennie actuelle, le Maroc connaîtra certainement un grand chantier sur le dessalement.

Azzeddine Elmidaoui

Faculté des sciences - BP 1246 - Kénitra - Maroc
elmidaouiazzeddine@hotmail.com

Réflexions sur l'utilisation des énergies renouvelables dans le dessalement et le traitement des eaux en Tunisie

Mohamed Jomaa Safi

Unité de recherche mécanique-énergétique, École nationale d'ingénieurs de Tunis (ENIT), Tunisie

Introduction

La Tunisie est un petit pays qui couvre 164 000 km² de superficie et dont la population est d'environ 10 millions d'habitants en 2001. Située entre la Méditerranée et le Sahara, son climat est méditerranéen au Nord et sur ses 1200 km de côtes, et aride sur les trois quarts du territoire. Considérée comme un pays émergent, le bien-être social est marqué, entre autres, par une consommation croissante en eau et en énergie comme le montrent les figures 1 et 2 (planche X). Toutefois les ressources actuelles ne suivent plus la demande, et des mesures s'imposent.

Le potentiel des ressources en eau conventionnelles est estimé à 4,6 milliards de m³/an dont 2 700 millions en eau de surface et 1 900 millions en eau souterraine. 51 % des ces eaux ont une salinité inférieure à 1,5 g/l (seuil maximum tolérable pour l'eau potable). L'irrigation consomme 80 % des ressources mobilisables alors que le secteur industriel en a consommé 120.10⁶ m³ en 1999, et l'on en prévoit le double en 2030.

Les besoins en eau potable pour 2030 sont estimés à 0,5 milliards de m³/an (soit de l'ordre de 400 m³/an/habitant) et peuvent être, en apparence, largement couverts.

Les ressources en eau sont au nombre de trois :

a/ Eaux de surface : elles constituent 2,7 milliards de m³ /an, avec un rapport (entre le maximum et le minimum) qui varie de 9 dans le Nord à 180 au Sud. Environ 70 % de ces eaux ont une salinité inférieure à 1,5 g/l.

b/ Eaux profondes : sur les 1,9 milliards de m³/an des eaux profondes, 36 % sont constitués par des nappes

phréatiques et 64 % par des nappes profondes, dont 52 % sont faiblement ou non renouvelables. Seules 20 % des ces eaux ont une salinité inférieure à 1,5 g/l, et 99 % de ces 20 % sont localisés dans le Nord.

Les ressources potentielles non conventionnelles sont d'environ 250 millions de m³/an, provenant essentiellement des eaux usées domestiques, dont 120 millions de m³ ont été traités en 1999 et 250 millions le seront vers 2030 sur 450 millions de m³ d'eaux usées produites, soit 10 % des ressources conventionnelles totales du pays, permettant alors l'irrigation de 100 000 hectares.

La pluviométrie annuelle passe de 100 à 1 000 mm au Nord à moins de 150 mm au Sud, ce qui fait que 84 % de sources de bonne qualité (2,9 milliards de m³/an) sont localisées dans le Nord. Si le Nord jouit d'un réseau de 16 grands barrages interconnectés et de barrages collinaires permettant d'assurer ses besoins en eau ainsi que ceux du Centre, le Sud est en train d'épuiser ses eaux profondes à cause de plus de 600 forages pour assurer l'eau potable, industrielle et d'irrigation des oasis.

c) Devant cette irrégularité régionale et la nécessité pressante d'assurer l'eau potable de bonne qualité à plusieurs villes du sud du pays, l'État a fait appel au dessalement.

Il faut rappeler que la Tunisie a toujours disposé d'un grand génie en hydraulique :

- à l'époque romaine : amenée de l'eau potable jusqu'à Carthage au moyen d'un aqueduc de 60 km de long ;
- au X^e siècle : collecte et stockage de l'eau de pluie dans des citernes souterraines munies d'un système de filtration et dans des grands réservoirs de surfaces

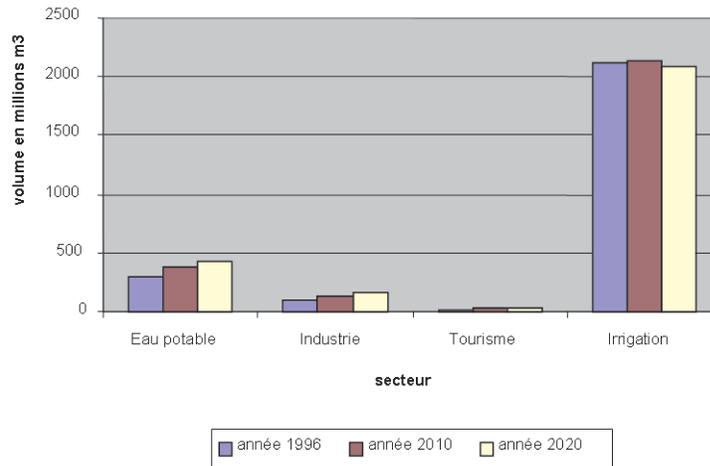


Fig. 1 : Évolution de la demande en eau

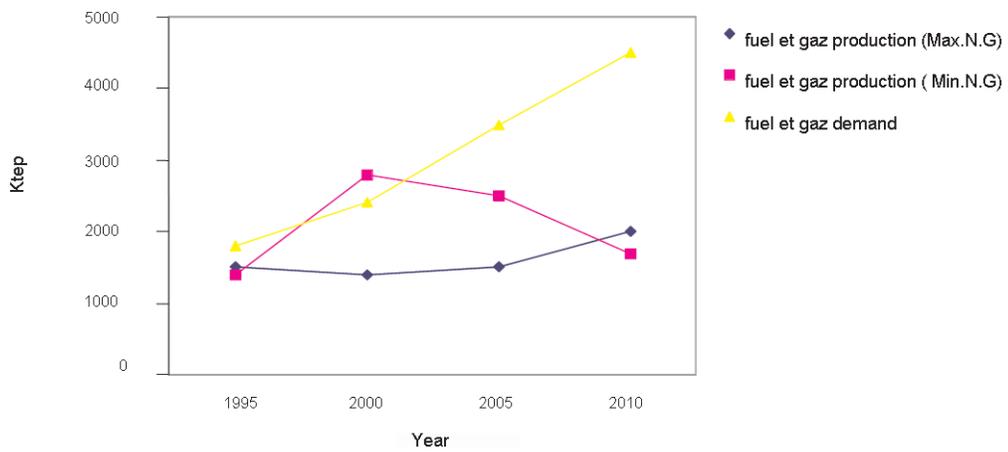


Fig. 2 : Évolution de la demande en énergie

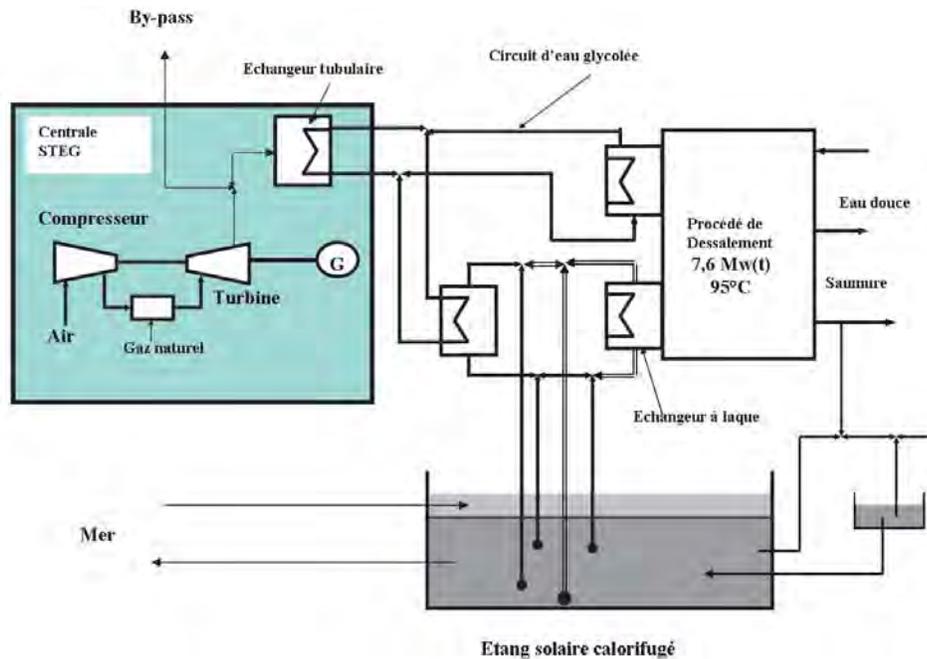


Fig. 3 : Système de cogénération, pouvant utiliser une centrale thermique de la Société tunisienne de l'électricité (STEG) couplée à un étang solaire pour dessaler l'eau de mer

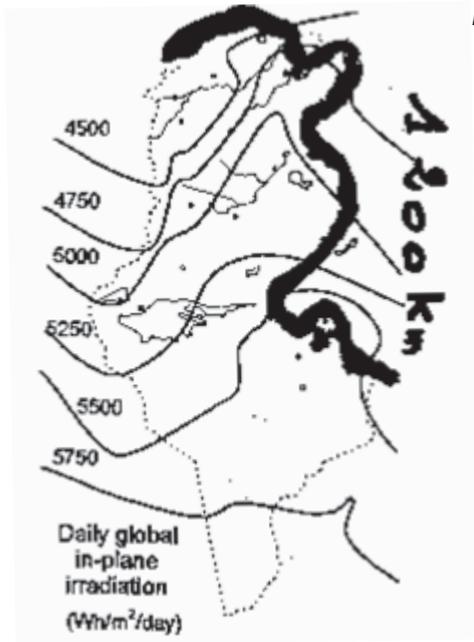


Fig. 4 : Potentiel solaire de la Tunisie



Fig. 5 : Étang solaire de l'ENIT (1 500 m² x 3 m)
Température maximum atteinte en juillet 2001 : 97 °C.

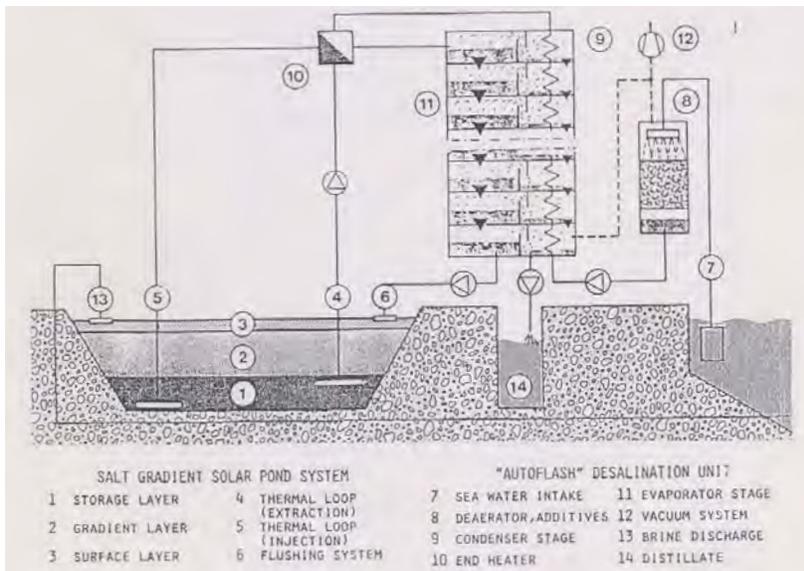


Fig. 6 : Installation proposée par Atlantis

(Fassakia), ce qui a permis à la ville de Kairouan située au centre ouest de la Tunisie de résister aux assauts et de développer des activités agricoles ;

- au XII^e siècle : mise au point par Ibn Chabbat d'une méthode de répartition d'eau sur les oasis, appelée «règlement de l'eau» ;
- au XVI^e siècle, la Tunisie a été le premier pays à dessaler l'eau en grande quantité avant que les Hollandais construisent la première station industrielle.

En 1969, plusieurs petites stations de distillation solaire ont été construites. Cette activité, qui a commencé il y a longtemps, s'est arrêtée avec la fin de l'activité de l'Agence nationale de l'énergie atomique en 1970 (tableau I). Cette activité a repris essentiellement dans l'industrie pour déminéraliser l'eau. En 1983, la première station RO pour la production d'eau potable a été construite dans l'île de Kerkennah. Depuis, le dessalement pour l'eau potable n'a eu les faveurs des autorités officielles qu'en 1995 mais ce secteur reste encore marginalisé dans la pratique.

C'est ainsi qu'une installation de dessalement par osmose inverse a démarré en 1995 à Gabès. Elle produit actuellement de l'ordre de 25 000 m³/j à partir des eaux géothermales à 70 °C et à 3,2 g/l de sel.

En 1999, deux autres stations de dessalement par osmose inverse ont été mises en service, l'une à Djerba et l'autre à Zarzis. Chacune d'elles produit 1 500 m³/j à partir des eaux brutes d'une salinité de 6 g/l.

Ces deux dernières stations devraient permettre d'assurer l'alimentation en eau potable de la région jusqu'à 2005. Au-delà de cette date, la SONEDE, seul opérateur officiel en matière de distribution d'eau et qui a en charge la conduite de ces stations, pense dessaler l'eau de mer.

La consommation énergétique par m³ sera donc multipliée par 4 à 5 et le prix minimum sera de l'ordre de 0,7 euro/m³.

L'émergence des grands pôles industriels (Gabès), touristiques (Djerba, Tozeur, etc.) et la nécessité de sédentariser les populations du Sud, nécessitent avant tout la disponibilité de l'eau potable de bonne qualité et l'électricité.

Si le réseau électrique couvre aujourd'hui la majeure partie du Sud, l'eau manque. Les puits de forage ne suffisent pas et l'on risque d'épuiser rapidement les nappes. Les stations déjà construites sont loin de répondre aux besoins locaux et les sources saumâtres qu'elles utilisent risquent de s'épuiser aussi rapidement.

Dépourvue de pluie, ayant des sources saumâtres en épuisement rapide, loin des barrages du Nord, dont le transfert des eaux coûterait cher en investissement et en entretien, la région du Sud aurait comme solution la plus appropriée, après celle de la gestion rationnelle, le dessalement de l'eau de mer, sauf pour les localités lointaines pour lesquelles le transfert de l'eau à partir des côtes serait prohibitif, et à condition que le potentiel local en eaux saumâtres le permette.

Eau et énergie

Toute opération de dessalement nécessite beaucoup d'énergie quelle que soit la technique adoptée, du moins pour les techniques opérationnelles.

Il est vrai que l'osmose inverse ne nécessite que de l'ordre de 1,2 kWh/m³ pour des eaux saumâtres de l'ordre de 3 g/l ; cette consommation sera multipliée par 4 ou 5 pour l'eau de mer. D'autre part, il s'agit d'énergie électrique produite par des centrales thermiques où le rendement est de l'ordre de 36 % et qui engendre des pollutions atmosphériques et hydriques.

Pour ce qui est de la filière thermique, la consommation spécifique est toujours révisée à la baisse mais reste supérieure à celle du RO.

Année	Lieu	Population (personnes)	Production (l/m ² /j)	Surface de capteur (m ²)
1927	Tunis		3	
1966	Chambkou (Gafsa)	500	5 200-800 l/j	400
1967	Chibou (Mednine)	40	230 l/j	40
1968	Essaad (Mahdia)	2 000	2 100-6 500 l/j	1 300
1987	Hzag (Sfax)	Irrigation	180 l/j	85
2002	ENIT	Recherche : démarrage	17 l/h	1 500

Tableau I : Expériences tunisiennes en matière de dessalement solaire

Dans le cas de la Tunisie, qui commence à importer une partie de son énergie (fig. 2, planche X), la demande, surtout dans ces villes émergentes, s'accroît. Il serait donc judicieux, si ce n'est nécessaire, de lier le problème de l'eau à celui de l'énergie.

Deux scénarios peuvent être envisagés :

Utilisation de la cogénération

Rappelons que cette technique, qui date de plus d'un siècle, n'a été mise en œuvre que depuis quelques décennies, et simplement dans la production simultanée de l'énergie thermique et de l'énergie électrique, moyennant l'utilisation d'un seul vecteur énergétique qui est en l'occurrence, aujourd'hui, le gaz. Outre l'économie de l'ordre de 40 % dans la facture énergétique nationale, les effets d'émission en gaz sont très réduits.

Depuis les accords de Kyoto, plusieurs pays, notamment les pays du Golfe, ont adopté cette technique pour la production de l'électricité, et le dessalement de l'eau de mer et les procédés thermiques sont devenus très compétitifs. Rappelons que l'eau produite par les procédés thermiques est distillée alors que celle produite par membranes à partir des eaux saumâtres contient toujours quelques centaines de ppm et que le RO appliqué à l'eau de mer en est à ses premiers pas contrairement aux procédés thermiques qui ont fait leurs preuves.

Dans le cas de la Tunisie, le gaz devient de plus en plus la source énergétique principale. Elle est donc bien adaptée à la cogénération de l'électricité et de l'eau.

D'ailleurs les industries chimiques de Gabès utilisent cette technique depuis longtemps, en utilisant l'énergie fatale produite par des réactions exo-énergétiques lors de la fabrication de l'acide phosphorique, pour produire de l'électricité et de l'eau distillée.

Des stations MSF ou MED couplées à des centrales à cogénération utilisant l'eau de mer pour le refroidissement puis le dessalement seraient bien adaptées aux besoins des grandes villes côtières et pourraient même alimenter le Sud en utilisant le réseau SONEDE actuel (fig. 3, planche X).

Le seul risque encouru est celui des rejets des saumures chaudes dans la mer, les «taches thermo-solutales», dont on peut limiter les effets.

L'État prévoit la construction d'une autre station de dessalement à Djerba, d'une capacité de 25 000 m³/j, qui peut être gérée par un opérateur privé. Pourquoi ne serait-elle pas par cogénération ? Les premières simulations montrent que le prix du m³ produit par cogénération est relativement bas.

L'utilisation de la cogénération pourrait constituer la meilleure solution pour la Tunisie à court et moyen termes pour les raisons suivantes :

- disponibilité du gaz dans toutes les villes et à des prix très raisonnables ;
- adaptation de cette énergie à la production simultanée de l'électricité, de l'eau et du froid, qui commence à constituer la principale source de consommation pendant les quatre mois d'été.

Utilisation des énergies renouvelables

La Tunisie dispose de ressources énergétiques renouvelables très abondantes.

a/ Les 1 200 km de côtes offrent des réserves de type marée (Djerba, Gabes, Kerkenah, etc.), vagues (essentiellement dans le Nord et le Cap Bon), gradient de température (OTEC), gradient de concentration (osmose retardée). Certaines techniques peuvent être immédiatement développées telle que l'énergie de vagues. Le long de ces côtes, une activité d'aquaculture est en train de se développer avec le soutien de l'État. La production d'algues pour la production de l'hydrogène peut être envisagée.

b/ Énergie éolienne

Cette énergie était exploitée depuis plus d'un siècle dans le pompage des eaux des puits de surface. Son utilisation dans la production de l'électricité est récente et son potentiel est encore mal estimé. Certaines fermes comme celle d'El Haouarria, de l'ordre de 10 MW, située au bord de la mer, pourraient servir, en partie, au dessalement par RO ou compression de vapeur, comme c'est le cas dans plusieurs pays européens (Grèce, îles Canaries, etc.).

c/ Énergie géothermale

La Tunisie renferme près de 80 sources d'eau chaude, localisées essentiellement dans le Nord. Les sources exploitées sont celles du sud du pays. Ces eaux de basse enthalpie contiennent de l'ordre de 4 g/l de sel. Elles sont utilisées pour le chauffage des serres agricoles, après leur refroidissement dans des tours. Certaines sources, dont celle d'El Fejj, alimentent la station de dessalement de Gabès. Ces eaux peuvent être, dès leur sortie de puits, détendues dans des installations sous vide MSF ou MED pour être dessalées localement.

Elles peuvent aussi être utilisées pour produire de l'électricité en utilisant leur pression à la sortie des puits, en les détendant pour les dessaler.

d/ Énergie solaire

La Tunisie dispose d'un gisement solaire très important avec plus de 300 j/an de soleil (fig. 4, planche XI). Cette source peut être exploitée de deux façons :

- Utilisation à basse enthalpie

La distillation solaire des eaux saumâtres utilisant des distillateurs à simple effet ou à plusieurs étages a été pratiquée autour de 1968, avec une capacité de production atteignant parfois 2 000 m³ (tableau I). Cette technique, dont la production reste limitée à 6 l/j/m² de capteur, peut être améliorée par l'ajout de miroirs. Depuis, les distillateurs ont été remplacés par d'autres systèmes :

- capteurs solaires plans couplés à des évapo-condenseurs (humidification). Les deux stations existantes en Tunisie sont destinées à la recherche mais le procédé peut être reproduit pour des grandes capacités (quelques dizaines ou centaines de m³/j).
- étangs solaires couplés à des distillateurs MED ou MSF. L'avantage de ce système par rapport

aux autres capteurs solaires est qu'on peut stocker l'énergie solaire toute l'année en grande quantité et donc pouvoir fonctionner en continu. Plusieurs études de faisabilité ont été faites et un seul prototype de recherche existe à l'ENIT (fig. 5, planche XI).

- panneaux photovoltaïques couplés aux systèmes RO. Le photovoltaïque a été bien utilisé dans l'électrification rurale en Tunisie, son utilisation dans le dessalement en petite quantité peut être envisagée dans les zones arides comme c'est le cas dans d'autres pays, dont l'Algérie.

Cette énergie solaire à basse enthalpie peut trouver sa meilleure utilisation dans le traitement complémentaire des eaux usées. La Tunisie dispose aujourd'hui d'une soixantaine de stations de traitement, avec 136 Mm³ /j traités en 1999. Cette production est appelée à doubler en 2030.

Une faible partie de ces eaux a été utilisée en 1999 pour l'irrigation de 7 270 ha (terrain de golf, espace vert, arbres fruitiers, etc.).

Sachant que l'agriculture consomme 80 % des ressources en eau et vu la limite des ressources traditionnelles surtout dans le Sud et le Centre, le traitement complémentaire des eaux usées offrira une solution efficace pour irriguer plus de superficies et d'autres types d'agricultures.

À la place du traitement par UV artificiel, l'utilisation de l'UV solaire est envisagée. D'ailleurs des institutions de recherches mènent des travaux en collaboration avec l'Office national de l'assainissement (ONAS) sur des pilotes.

- *Utilisation à haute enthalpie*

Le rayonnement solaire peut être fortement concentré pour donner des températures de plusieurs centaines ou milliers de degrés (cas des fours solaires).

Ces températures élevées, similaires à celles obtenues dans les foyers de combustion classique, peuvent être utilisées pour produire de l'électricité en utilisant des turbines à vapeur ou à gaz. Cette technologie, connue depuis le temps de l'ancienne Égypte, a été utilisée dans plusieurs pays, essentiellement les États-Unis, pour produire de l'électricité. Toutefois, des problèmes d'ordre technologique (stockage, rayonnement diffus, suivi du soleil...) ont rendu le coût du kWh prohibitif et ont limité leur expansion. Pour rentabiliser cette technologie, plusieurs projets ont été conçus, dont un pour la production d'hydrogène à partir de l'eau de mer utilisant des centrales à concentrations dans le désert tunisien et l'acheminement de cette énergie vers l'Europe (proposé par l'Allemagne il y a une dizaine d'années). Cette idée connaît un regain d'intérêt avec l'avènement des cellules à combustibles et l'apparition des nouveaux concentrateurs fonctionnant même sous rayonnement diffus et à position fixe. La deuxième génération de ces concentrateurs est encore à environ 300 °C mais pourrait connaître un développement rapide pour atteindre des températures plus élevées. D'autre part l'eau de mer servant à produire l'hydrogène pourrait être dessalée pour produire l'eau de bonne qualité servant pour l'irrigation ou comme eau potable.

Ce projet futuriste pourrait inverser le sens de la vie : l'eau pourrait partir du Sud du pays vers le Nord, et avec l'approvisionnement en hydrogène, le développement durable, sans recours au nucléaire, pourrait être assuré même dans les pays du Nord.

Mohamed Jomaa Safi

Unité de recherche mécanique-énergétique - ENIT - BP 37- 1002 Belvedere - Tunisie
mohamed.safi@enit.rnu.tn

Santé, lutte contre les pandémies, pathologies méditerranéennes spécifiques (SB4)

Président :

Gabriel Blancher, président 2001 de l'Académie nationale de médecine

Coordinateur et modérateur :

François Ruff, Université Pierre et Marie Curie, hôpital européen Georges Pompidou

L'effet santé de l'alimentation méditerranéenne

Mariette Gerber

Groupe d'épidémiologie métabolique de Montpellier, France

Il est maintenant généralement reconnu que l'alimentation méditerranéenne peut apporter un bénéfice du point de vue de la santé. Quelle est-elle, quelles sont ses caractéristiques, quel est son contenu et quel est son effet ?

Les premières études épidémiologiques qui ont montré la supériorité de l'alimentation méditerranéenne remontent au pionnier qu'a été Ansel Keys. Sa première étude montrait que les personnes habitant des pays méditerranéens et en ayant les habitudes alimentaires avaient un taux de cholestérol plus faible que dans les autres pays. Il a poursuivi cette étude par l'étude de 7 pays où 16 cohortes de population ont montré qu'en effet la mortalité cardiovasculaire était significativement plus faible dans les pays méditerranéens. Enfin une étude beaucoup plus rigoureuse du point de vue de la méthodologie, puisqu'il s'agit d'une étude prospective, l'étude Monica, dans les années soixante-dix, a montré qu'effectivement il y avait un gradient Nord-Sud de l'incidence de la maladie coronarienne, celle-ci étant la plus faible dans les pays ayant une alimentation méditerranéenne (fig. 1). Ce gradient Nord-Sud existe au sein même de la France. On retrouve un schéma comparable, quoique beaucoup moins marqué, pour les cancers : gradient décroissant Nord-Sud pour le cancer du côlon et également pour le cancer du sein. Pour ce qui est de l'espérance de vie après 65 ans, les pays méditerranéens – avec la France qui n'est pas complètement méditerranéenne – se trouvent également en tête.

Qu'est ce que l'alimentation méditerranéenne ? C'est surtout des fruits et légumes très variés, des céréales, peu de viande (plutôt des ovins), et peu de produits laitiers, mais du poisson, donc peu de graisses animales, de l'huile d'olive presque exclusivement ; et un peu de vin, de façon très modérée et consommé de façon très régulière, au cours des repas. Il y a donc une importante diversité, qui apporte une grande richesse en nutriments divers.

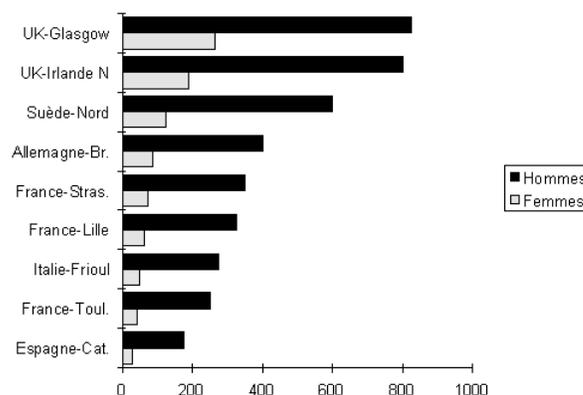


Fig. 1 : incidence des maladies coronariennes / 100 000

Traditionnellement l'alimentation méditerranéenne est une alimentation frugale. Quand on compare l'apport calorique et les dépenses énergétiques de l'époque où ces études ont été faites, on s'aperçoit qu'ils sont en équilibre. Il y a donc beaucoup moins de tendance à l'obésité dans les pays méditerranéens à cette époque-là, et en particulier d'obésité abdominale-viscérale. Celle-ci est facteur de risque à la fois pour les maladies cardiovasculaires et pour les cancers, au travers de ce que nous savons maintenant du syndrome d'insulino-résistance.

Ce syndrome est caractérisé par une hyperinsulinémie et une sensibilité à l'insuline diminuée. Il est à la fois risque pour les maladies cardiovasculaires car il existe une altération des paramètres lipidiques, et risque pour les cancers, essentiellement les cancers hormono-dépendants, car il y a une perturbation du métabolisme hormonal : augmentation de la testostérone et diminution des globulines qui lient ces hormones sexuelles, résultant en une augmentation de leur activité. Outre ces hormones sexuelles qui peuvent se comporter comme des facteurs de croissance pour les cellules tumorales, par exemple

les œstrogènes et le cancer du sein, la synthèse d'un autre facteur de croissance, l'IGF-1, est augmentée dans le syndrome d'insulino-résistance. La régulation de ce facteur par les protéines qui le lient (IGFBP) est également altérée et, de ce fait, son activité est augmentée. On a montré que l'augmentation de l'IGF-1 ou l'altération des IGFBP était associée à plusieurs types de cancers. Il y a relativement peu d'études mais elles sont toutes cohérentes : l'IGF-1 est augmenté dans trois études prospectives pour le cancer du côlon, dans quatre sur cinq études cas-témoins et deux études prospectives sur le cancer du sein, et dans deux études cas-témoins et deux études prospectives pour le cancer de la prostate. Il s'agit donc là d'un candidat sérieux au risque, et l'on s'aperçoit que l'alimentation méditerranéenne ne favorise ni la synthèse ni l'activité de ce facteur de croissance.

La consommation de lipides est un des responsables essentiels de l'obésité. Les graisses qui apparaissent dans le régime méditerranéen correspondent à un bon profil pour les maladies cardiovasculaires puisqu'il y a peu de graisses saturées et de cholestérol, et donc peu de LDL cholestérol dans le plasma. Il y a par contre un apport important en acide oléique, ce qui entraîne un cholestérol HDL augmenté ou préservé, et aussi en acides gras de la série n-3, ce qui tend à diminuer la triglycéridémie. Outre l'effet sur les triglycérides, l'apport en acides gras n-3 diminue le risque de fibrillation ventriculaire, c'est-à-dire le risque de mortalité subite après un infarctus du myocarde.

L'effet des graisses est par contre beaucoup moins évident sur le risque de cancer. On sait quand même qu'un apport important de calories est un facteur de risque pour les cancers. Pour ce qui est des effets spécifiques des acides gras, on est beaucoup moins précis. Chez les animaux, les acides gras de la série n-6 augmentent le risque et ceux de la série n-3 le diminueraient, mais chez les humains, on a peu de résultats sauf de rares études qui montrent que le poisson aurait un effet protecteur, notamment pour le cancer du côlon.

Quant aux acides gras mono-insaturés, il faut bien en connaître l'origine. Les acides gras mono-insaturés issus de la viande sont des facteurs de risque pour les cancers, notamment le cancer du sein. Par contre l'huile d'olive, dans les études réalisées dans les pays méditerranéens, a été montrée protectrice mais en fait on n'est pas sûr de ce qui protège, si c'est l'acide gras, et même si c'est l'huile d'olive car il y a un facteur de confusion important puisque l'huile d'olive est toujours consommée avec des légumes.

Les produits végétaux sont très riches et très divers dans l'alimentation méditerranéenne. Ils apportent un nombre très important de nutriments, je dirais presque incommensurable car quand on parle des composés phénoliques il faut savoir qu'il y en a au moins 10 000. C'est la raison pour laquelle il sera très difficile de remplacer le régime méditerranéen par des pilules.

Les céréales contiennent des vitamines B1, des lignanes qui sont des phyto-œstrogènes, mais aussi des fibres

et des isoflavones, autres phyto-œstrogènes. Les fruits et légumes contiennent des fibres, des lignanes, des caroténoïdes, de la vitamine C, des composés phénoliques, des glucosinolates qui se trouvent surtout dans les crucifères, les sulfures d'allyle de l'ail et de l'oignon. Donc on a une immense variété. Le vin et l'huile d'olive apportent aussi des composés phénoliques à côté de leurs autres apports : alcool pour le vin et acide oléique pour l'huile d'olive.

Dans cette série de produits végétaux, on n'a montré sûrement que pour les fruits et légumes l'apport d'une protection convaincante contre les maladies cardiovasculaires et les cancers. Pour les céréales, c'est beaucoup moins clair. Pour les légumineuses, il y a trop peu d'études. Pour le vin, si l'on sait qu'il y a une certaine protection contre les maladies cardiovasculaires, il ne faut pas oublier que toutes les boissons alcoolisées sont des facteurs de risque pour le cancer.

Les fibres vont être un facteur de protection cardiovasculaire parce qu'elles diminuent l'insulino-résistance, qu'elles sont hypocholestérolémiantes.

Les folates sont nécessaires à la voie de synthèse de la méthionine, et, s'il y a une déficience en folates, on va avoir une accumulation d'homocystéine qui est un facteur de risque, notamment pour les maladies vasculaires.

Pour les composés phénoliques, on a essentiellement deux ou trois études qui montrent que ces composés, essentiellement ceux issus de l'oignon, quercétine et kaempférol, diminuent le risque de maladie cardiovasculaire mais c'est encore assez limité.

Pour les lignanes et les isoflavones, on a beaucoup parlé de leur pouvoir hypocholestérolémiant mais on est en train de revoir la certitude qu'on en avait.

Quant à la vitamine C et aux caroténoïdes, les résultats sont variables. Autrement dit, autant on est sûr que les fruits et légumes riches en vitamine C et en caroténoïdes diminuent le risque de maladies cardiovasculaires – mais peut-être parce qu'ils contiennent aussi autre chose, notamment les composés phénoliques –, autant, à chaque fois qu'on a apporté une supplémentation en vitamine C (surtout en vitamine E pour le cardiovasculaire), cela a raté. Donc une fois de plus, ne pas remplacer un apport alimentaire par des pilules.

En ce qui concerne les fibres et le cancer du côlon, les derniers résultats de l'étude EPIC (D' Elio Riboli du CIRC) montrent que, tous les centres de l'étude confondus, les fibres diminuent de presque 40 % le risque de cancer du côlon. Il y a eu beaucoup de discussions sur fibres et cancer du colon, notamment des études d'intervention qui n'ont pas été concluantes, mais on peut en discuter les résultats et en expliquer l'échec.

Il y a quelques études qui montrent que, dans les cancers du côlon et du sein, il existe une interaction entre les folates et la consommation d'alcool. L'alcool est un facteur de risque pour ces deux types de cancers mais, si les personnes consomment davantage de folates, le risque lié à l'alcool sera diminué.

En ce qui concerne les lignanes et les isoflavones, qui sont des phyto-œstrogènes, il existe quelques études qui montrent qu'ils peuvent diminuer le risque de cancers hormono-dépendants (sein, prostate, endomètre) mais ces résultats sont beaucoup trop limités pour qu'on puisse édicter des recommandations à ce sujet, notamment au niveau des compléments alimentaires.

Quant aux composés phénoliques, on a deux études sur le cancer du poumon qui montrent une réduction du risque de ce cancer avec une forte consommation de composés phénoliques.

Pour la vitamine C, il y a une assez forte convergence des résultats qui montrent que la vitamine C protège contre le cancer de l'estomac. C'est un des rares nutriments isolés pour lequel on peut dire qu'il existe une protection, celle vis-à-vis du cancer de l'estomac. Par contre, pour la vitamine E, les résultats sont divergents : on a parlé d'une protection possible contre le cancer du poumon mais ce n'est pas prouvé ; il y a quelques études qui semblent montrer que la vitamine E diminuerait les cancers de la prostate mais ces résultats ont besoin d'être approfondis.

Pour les caroténoïdes, on a pensé qu'il y avait une protection probable parce que toutes les personnes qui développent un cancer du poumon ont des taux de β -carotène dans le sang plus faibles. Cette observation est retrouvée de façon tellement régulière qu'on a pensé qu'on allait pouvoir protéger contre le cancer du poumon en supplémentant les personnes avec des pilules contenant des doses élevées de β -carotène. Mais les personnes supplémentées ont au contraire développé une plus forte incidence de cancer du poumon. Pourquoi ? D'une part parce que le β -carotène ne résume pas à lui tout seul l'apport des fruits et légumes, avec ces milliers de nutriments qui peuvent jouer un rôle. Ensuite parce qu'on avait donné des doses très élevées. Et enfin parce qu'on s'était adressé à des sujets qui étaient déjà initiés, des fumeurs ou des ouvriers qui avaient été exposés à l'amiante ; ces personnes avaient probablement des cellules transformées dans leurs poumons. Le β -carotène peut dans ces conditions se comporter comme un pro-oxydant, actif dans la promotion tumorale, soit au contraire s'opposer à un stress oxydatif de régulation de prolifération, et donc favoriser cette prolifération.

Dans d'autres pathologies, on a supplémenté en vitamines C et E, en caroténoïdes, et on a quelques études qui montrent que ces anti-oxydants diminueraient le risque de cataracte. On sait que l'exposition au soleil est un facteur de risque pour la cataracte, donc on peut penser que les anti-oxydants vont s'opposer aux effets du stress oxydatif liés à l'énergie des radiations solaires. La dégénérescence maculaire liée à l'âge pourrait également être diminuée par un apport en anti-oxydants.

On sait aussi que les personnes exposées à l'ozone ont une diminution de la ventilation pulmonaire, et que, si on les supplémente en anti-oxydants, on diminue ce dommage. Nous avons participé à une étude réalisée à Mexico et nous avons montré que la ventilation pulmonaire des cireurs de chaussure travaillant dans les rues était moins diminuée chez ceux qui étaient supplémentés en β -carotène, vitamines E et C, que chez ceux qui ne prenaient pas de suppléments.

On a beaucoup parlé aussi des effets des anti-oxydants sur les fonctions cognitives mais ce sont là plus des pistes de recherche que des résultats à transformer en recommandations nutritionnelles.

En conclusion, il faut reconnaître que les résultats les plus convaincants concernent l'apport en aliments plutôt qu'en nutriments – c'est une observation extrêmement solide. On doit avoir une approche globale de l'apport alimentaire et ne pas penser pouvoir faire de la prévention, ni avec des pilules ni même avec un seul type d'aliment, mais vraiment avec un profil alimentaire équilibré et varié dans son ensemble.

Dans notre région (données de l'Hérault), nous nous écartons du modèle méditerranéen traditionnel. Pour ce qui est des légumes et des fruits, nous nous comportons assez bien, par contre nous avons complètement perdu l'utilisation des légumineuses, nous consommons beaucoup trop de produits laitiers, trop de viande, pas assez de céréales et vraiment très peu d'huile d'olive par rapport au régime traditionnel grec.

Nous avons proposé un modèle méditerranéen pour une étude d'intervention étudiant l'effet du régime méditerranéen sur la prévention primaire du risque de maladies cardiovasculaire. Cette étude est conduite au CHU de la Timone à Marseille, dans le service du Pr Vague, avec des produits végétaux le matin, à midi et le soir, relativement peu de produits laitiers, de l'huile d'olive, du pain, un petit verre de vin, et le plus souvent du poisson, très rarement de la viande (volaille, viande de bœuf ou d'agneau) pour le groupe qui est traité par l'alimentation méditerranéenne, et avec les recommandations habituelles faites aux personnes à risque dans le groupe témoin. Les premiers résultats portant sur les marqueurs de risque apparaissent très prometteurs. Cette étude d'intervention viendrait ainsi compléter les premières études épidémiologiques qui ont souligné l'importance de l'alimentation méditerranéenne dans la protection des maladies chroniques dégénératives.

Mariette Gerber

Groupe d'épidémiologie métabolique - Centre de recherche en cancérologie - Inserm-CRLC - 34298 Montpellier Cedex 5 - France

Les infections méditerranéennes

Michel Drancourt

Faculté de médecine de Marseille, France

Je vais vous présenter en réalité non pas les infections méditerranéennes mais quelques « morceaux choisis » d'infections méditerranéennes et je puiserai mes exemples parmi les maladies infectieuses et les microbes sur lesquels nous travaillons avec le Pr Didier Raoult à la faculté de médecine. Il s'agit globalement des rickettsies, donc de bactéries intracellulaires, pour lesquelles le laboratoire de Didier Raoult est centre national et européen de référence.

Dans le Bassin méditerranéen, il existe de multiples infections. On y rencontre bien sûr des infections ubiquitaires, c'est-à-dire qu'on va rencontrer dans d'autres régions du monde, avec éventuellement des caractéristiques particulières. Le Pr Chermann nous parlera du VIH qui est un exemple d'infection ubiquitaire qui se rencontre également dans le Bassin méditerranéen, avec des spécificités. La tuberculose, maladie bactérienne, en est un autre exemple. Dans le cadre de ces infections ubiquitaires, nos régions méditerranéennes se caractérisent par des profils de résistance particuliers – je pense notamment à la tuberculose. On peut donc avoir des infections ubiquitaires, présentes dans nos régions méditerranéennes avec des profils de résistance aux médicaments différents de ceux qu'on va rencontrer dans d'autres régions du monde.

Je ne m'attarderai pas davantage sur ce type d'infections pour vous présenter des infections plus spécifiques des régions méditerranéennes et qui, pour la plupart, représentent des exemples de ce qu'on appelle des infections émergentes, c'est-à-dire des infections nouvelles, nouvellement décrites, avec de nouveaux agents pathogènes. Qu'est ce qui fait qu'on rencontre, dans le Bassin méditerranéen, des maladies infectieuses qui ne se rencontrent pas dans d'autres régions du monde ? S'il existe une spécificité, cela signifie que les populations humaines rencontrent dans les régions méditerranéennes des agents infectieux qu'ils ne rencontrent pas dans les autres régions du monde. Deux éléments essentiels font qu'il y a des microbes qu'on peut rencontrer sur le pourtour méditerranéen sans les rencontrer ailleurs : le fait que le microbe se trouve là et pas ailleurs parce que son réservoir est présent dans le Bassin méditerranéen – c'est l'exemple des zoonoses (fièvre Q notamment) et de la brucellose –, ou bien que le vecteur de transmission du microbe du réservoir vers l'homme se trouve dans le Bassin méditerranéen et pas ailleurs – c'est l'exemple de maladies transmises par des tiques, lesquelles sont présentes au pourtour du Bassin méditerranéen et ne sont

pas présentes dans les autres régions du monde y compris dans la partie nord de la France. Bien entendu ces éléments concernent aussi bien des maladies infectieuses bactériennes que virales ou parasitaires. Un autre élément pouvant faire que des infections sont rencontrées avec une plus forte prévalence dans les pays méditerranéens est la densité des contacts avec les agents infectieux. Par exemple dans la brucellose, maladie ubiquitaire, la fréquence de contacts de l'homme avec la *Brucella* est plus grande du fait des habitudes culturelles, et je rejoindrai le propos du Dr Gerber dans le cas de la coxiellose où la culture de l'ovin autour du Bassin méditerranéen fait que les micro-organismes hébergés par les ovins seront plus fréquemment en contact avec la population humaine que dans des zones d'élevage du bœuf. Plusieurs modalités expliquent donc que des microbes rencontrés par les hommes autour du Bassin méditerranéen ne seront pas rencontrés dans d'autres régions du monde. Voici quelques exemples, dont je développerai certains :

- dans le domaine des maladies bactériennes, le premier exemple que je développerai est celui des rickettsioses éruptives qui sont vraiment le prototype des infections rencontrées autour du Bassin méditerranéen et nulle part ailleurs dans le monde ;
- le typhus est une maladie ubiquitaire que j'ai citée volontiers car elle représente actuellement pour nous un souci, et je rapporterai un cas que nous avons pu documenter en Algérie ;
- la fièvre Q est une zoonose, maladie infectieuse contractée par l'homme au contact des animaux, typiquement au contact des ovins et des caprins – on rejoint là un aspect à la fois biologique et culturel ;
- parmi les maladies virales, le virus West Nile, qui a défrayé la chronique dans d'autres régions du monde, est particulièrement prévalent autour du Bassin méditerranéen, ainsi que le virus Sandfly ;
- les maladies parasitaires sont nombreuses et je ne citerai pour exemple que la leishmaniose viscérale.

Le premier exemple que je vais développer est celui des maladies transmises par des tiques. Ces tiques, comme tous les êtres vivants, ont une écologie biologique extrêmement complexe, et parmi les nombreux facteurs qui gouvernent la biologie et l'écologie de ces arthropodes, l'hygrométrie et la température sont deux paramètres très importants. Le climat du Bassin méditerranéen, qui est très tranché sur le climat qu'on rencontre dans les Alpes, au nord de la France ou en Europe centrale, va donc beaucoup influencer les espèces, les

variétés d'arthropodes et de tiques qu'on va rencontrer. Autrement dit, il existe des variétés d'arthropodes et de tiques qu'on rencontre spécifiquement autour du Bassin méditerranéen, qui ne seront du tout pas rencontrées dans d'autres régions du monde. Ces tiques constituent à la fois le réservoir et le vecteur pour l'homme d'un certain nombre de micro-organismes. Réservoir parce que ces tiques constituent l'espace écologique dans lequel un certain nombre de bactéries vivent et se multiplient ; les femelles vont transmettre les micro-organismes à leur descendance – rickettsies par exemple – et les populations de tiques vont être en permanence infectées. Par ailleurs ces tiques peuvent constituer le vecteur de transmission des micro-organismes à l'homme : des bactéries telles que les *Borrelia* (maladie de Lyme par exemple) sont transmises par la tique à l'homme par régurgitation du contenu salivaire de cette tique ; les fèces des tiques sont également vecteurs d'un certain nombre de maladies (exemple de *Coxiella burnetii* dans la fièvre Q) ; la salive elle-même est un vecteur pour les rickettsies.

Voici quelques exemples de ces bactéries transmises à l'homme par des tiques et qu'on rencontre très spécifiquement autour du Bassin méditerranéen :

- *Rickettsia massiliae*, dont le nom d'espèce traduit l'origine, est le prototype de rickettsie que nous avons mis en évidence dans les tiques du Bassin méditerranéen et pour lequel se pose actuellement le problème du rôle pathogène car pour l'instant aucun cas humain n'a été documenté. On sait que les tiques existent dans le Bassin méditerranéen, qu'elles hébergent cette *Rickettsia massiliae*, qu'on sait très bien caractériser – elle a même des caractéristiques qui sont importantes s'il s'agit d'un pathogène : résistance à certains antibiotiques comme la rifampicine par exemple –, mais aucun cas n'a été documenté. C'est un exemple de circulation, dans notre région, de rickettsies dans les tiques, dont on ne sait pas si elles sont responsables de maladies chez l'homme ou non.
 - la répartition sur un planisphère des rickettsies du groupe boutonneux dans le monde montre qu'autour du Bassin méditerranéen certains micro-organismes sont particulièrement rencontrés, dont :
 - *Rickettsia conori*, la plus anciennement connue, dont je présenterai rapidement la maladie, qui est emblématique puisqu'il s'agit de la fièvre boutonneuse méditerranéenne ;
 - *Rickettsia conori israel*, variant génotypique de *Rickettsia conori*, pour l'instant documenté essentiellement, mais pas exclusivement, en Israël.
 - la répartition mondiale des borrelioses montre également des borrelioses récurrentes : *Borrelia hispanica*, qui est une *Borrelia* du groupe récurrent, présente autour du Bassin méditerranéen ;
 - enfin, les ehrlichioses, très émergentes actuellement, qui sont des bactéries intracellulaires transmises à l'homme par des tiques. Son agent, est également présent autour du Bassin méditerranéen.
- Ces différents micro-organismes transmis à l'homme sont une source pour nous de nouveaux agents pathogènes et de nouvelles maladies. Depuis 1916 avec les premiers cas de typhus et la mise en évidence de *Rickettsia prowazeki*, on n'arrête pas, année après année, de mettre en évidence de nouveaux micro-organismes et de nouvelles maladies infectieuses chez l'homme, liées à ces nouveaux micro-organismes. Voici quelques exemples plus précis parmi les rickettsioses éruptives :
- la fièvre boutonneuse méditerranéenne, également connue sous le nom de *Marseille's fever* dans la littérature anglo-saxonne, est une maladie liée à *Rickettsia conori*, transmise à l'homme par la tique du chien, *Rhipicephalus sanguineus*. C'est clairement une maladie du Bassin méditerranéen, avec des extensions en Afrique et en Asie. Il s'agit typiquement d'une maladie qu'on rencontre l'été, dont le diagnostic est clinique : boutons et fièvre, accompagnés d'une tache noire, qui est une escarre cutanée au point de piqûre de la tique, point d'inoculation de la bactérie dans le corps humain par la tique. La réputation de bénignité qu'avait initialement cette maladie doit être récusée car les grandes séries montrent qu'il y a en réalité entre 2 et 5 % de morts, ce qui, en l'état actuel des choses, est une mortalité élevée pour une maladie infectieuse. Le sida nous a malheureusement habitués à un retour de maladies infectieuses hautement mortelles, mais hors sida et quelques autres exemples spécifiques, 2 à 5 % de morts dans une maladie infectieuse en 2002, c'est beaucoup ;
 - un autre exemple de rickettsiose transmise à l'homme par les tiques est l'*Israeli spotted fever*, liée à un variant génotypique de *Rickettsia conori*, également détectée en Sicile et au Portugal, qui donne un tableau amoindri de fièvre boutonneuse méditerranéenne ;
 - un autre exemple est celui d'une maladie, décrite dans notre laboratoire, que nous avons appelée *Rickettsia mongolotimonae*. Le nom d'espèce est un nom composite : *mongolo* vient de Mongolie parce que nous avons travaillé avec des chercheurs de ce pays qui ont apporté au laboratoire des tiques d'où nous avons isolé pour la première fois cette rickettsie, donc dans un premier temps ce n'était jamais qu'une rickettsie isolée dans des tiques venant de Mongolie ; dans un deuxième temps nous avons pu documenter un puis plusieurs cas humains liés à cette rickettsie, dont le premier a été documenté à l'hôpital de la Timone, d'où le nom d'espèce de *mongolotimonae*. Actuellement nous avons une dizaine de cas documentés, et ce qui est intéressant dans cette rickettsiose éruptive, c'est que nous avons pu évoquer le rôle des oiseaux migrateurs. Ceux-ci sont en effet couverts de tiques et notre hypothèse actuelle est que ces oiseaux migrateurs ont servi à transporter la rickettsie, dans les tiques, depuis l'Asie jusque sur le Bassin méditerranéen, et l'interrogatoire des patients confirme qu'ils ont eu effectivement des contacts avec des oiseaux

migrateurs. Les aspects cliniques sont très caractéristiques, en particulier la lymphangite qui suit le trajet à partir de l'escarre d'inoculation de la rickettsie, point de piqûre par la tique. Tous ces cas sont documentés au printemps alors que la fièvre boutonneuse méditerranéenne est clairement une maladie de l'été. Le moment de survenue de la maladie est donc d'emblée un élément épidémiologique qui permet d'orienter vers telle ou telle étiologie ;

- un autre exemple documenté d'infection émergente dans notre laboratoire est constitué par les infections à *Rickettsia slovaca*. Leur cadre dépasse certes le Bassin méditerranéen mais l'englobe. Ces *Rickettsia slovaca* sont très intéressantes parce qu'elles sont caractérisées cliniquement par la présence de ganglions lymphatiques inflammatoires, par des atteintes neurologiques du système nerveux central, et par un syndrome d'asthénie postinfectieuse très caractéristique. Cette *Rickettsia* constitue donc l'une des étiologies des fatigues postinfectieuses, cadre un peu fourre-tout dans lequel entrent probablement différentes étiologies ;
- dernier exemple : *Rickettsia aeschimanii*, dont le nom d'espèce a été donné en l'honneur d'Aeschiman, microbiologiste «tiquologue» suisse émigré aux États-Unis et qui a été particulièrement contributif à ce champ d'études. Il s'agit d'une maladie que nous avons essentiellement documentée pour l'instant dans le Maghreb, en particulier au Maroc.

Un autre groupe de rickettsioses, beaucoup plus ennuyeux, est celui du typhus, qui apparaît peut-être comme une maladie du passé, mais qui malheureusement est une maladie du présent et pour laquelle nous posons la question de savoir si ce n'est pas une maladie de l'avenir. Nous avons pu documenter il y a deux ans un cas de typhus mortel, au retour d'Algérie – je parle bien du typhus épidémique et non du typhus murin. Donc, nous avons clairement des preuves qu'il existe du typhus autour du Bassin méditerranéen. Le typhus a un mode de transmission à l'homme très différent puisqu'il est transmis par les poux de corps. Les circonstances épidémiologiques où il y a des poux de corps sont liées simplement au fait de garder sur soi très longtemps les vêtements. Elles ne peuvent survenir que dans des zones froides où les gens sont couverts et habillés et pas du tout dans des zones chaudes, et il faut que les gens soient en situation telle qu'ils ne puissent pas avoir d'hygiène vestimentaire satisfaisante, donc des conditions de misère, de pauvreté, de guerre, de guerre civile, etc. Malheureusement nous savons tous, avec la lecture des journaux quotidiens, que la zone méditerranéenne n'est pas une zone de grande paix actuellement, et il existe donc en permanence des populations qui sont dans des situations d'hygiène, et d'hygiène vestimentaire, difficiles et donc existe en permanence une possibilité de maladies transmises par le poux de corps, dont le typhus. Le diagnostic est un peu particulier – d'où la notion de centre de référence pour ce

type de maladie – car ce sont toutes des bactéries intracellulaires, c'est-à-dire qui ne se multiplient qu'à l'intérieur des cellules eucaryotes vivantes et qu'on ne peut donc pas cultiver sur des géloses ou des bouillons. On utilise de petits tubes-bijoux qui contiennent des lignées cellulaires sur lesquelles on va faire pousser les bactéries, qui sont ensuite révélées par immunofluorescence. Les outils moléculaires sont également utilisés pour le diagnostic de ces maladies, y compris sur les vecteurs puisque nous pouvons travailler non seulement sur les prélèvements cliniques de l'homme, mais aussi sur les poux ou les tiques qui sont pour nous extrêmement importants, notamment pour tracer en permanence l'épidémiologie de ces microbes dans nos régions méditerranéennes. Voici un exemple de travail que nous avons fait sur des poux de corps en détectant *Rickettsia prowazeki*, qui est l'agent du typhus épidémique, en détectant *Bartonella quintana*, qui est une maladie émergente responsable d'endocardite et de la fièvre des tranchées, et *Borrelia recurrentis* que nous n'avons pas trouvée. Les méthodes sérologiques sont également utiles.

Pour conclure cet exposé qui ne peut présenter qu'un échantillonnage et non une exégèse de ces maladies, je vous présenterai juste une autre maladie : la coxiellose ou fièvre Q, liée à *Coxiella burneti*, qui est également un micro-organisme intracellulaire strict, infectant beaucoup les mammifères. C'est une maladie hautement prévalente autour du Bassin méditerranéen parce que ce micro-organisme se concentre notamment chez les ovins et les caprins. C'est donc le facteur culturel qui entre en jeu, comme cela a été bien montré par le D^r Gerber, puisque les ovins et les caprins font clairement partie de la culture méditerranéenne, plus que dans d'autres régions d'Europe, ou même d'Afrique. C'est la fréquence des contacts avec les ovins et les caprins, qui constituent le réservoir de la bactérie, qui explique la prévalence plus grande des cas cliniques. Didier Raoult a pu montrer également, sur une étude épidémiologique réalisée autour de l'étang de Berre, le rôle du vent : les zones où on trouve la densité la plus forte de la maladie ne sont pas les zones où il y a directement les ovins et les caprins mais les zones sous le vent de l'élevage des ovins et des caprins. Cela s'explique par le fait que cette bactérie a une forme sporulée de résistance dans le milieu extérieur.

J'en terminerai là, et, encore une fois, le propos n'était pas d'évoquer toutes les maladies mais quelques exemples pour insister sur les spécificités liées au fait que le microbe est là ou bien que les contacts avec le microbe sont plus fréquents dans la zone méditerranéenne que dans d'autres zones pour tel ou tel facteur.

Michel Drancourt

Faculté de médecine - 27, boulevard Jean Moulin - 13005 Marseille - France

Problèmes posés par la prise en charge des hémopathies malignes dans les hôpitaux algériens

Mohamed Amine Bekadja

Faculté de médecine d'Oran, Algérie

Le tableau 1 recense les cas d'hémopathies malignes au service d'hématologie du CHU d'Oran, de 1997 à 2001. Ces hémopathies malignes représentent environ 80 % des hospitalisations.

La prise en charge diagnostique et thérapeutique de ces affections est très coûteuse et en particulier pour les pays du Sud, qui souvent n'en font pas une priorité de santé publique dans leurs programmes. Cependant, l'augmentation non négligeable de l'incidence de ces affections depuis environ une décennie rend de plus en plus difficile cette prise en charge dans nos conditions locales de travail.

À ce titre, ce travail a pour but de présenter un certain nombre d'hémopathies malignes, d'en analyser succinctement les résultats, mais surtout les contraintes et les problèmes de prise en charge.

Enfin, il est unanimement admis aujourd'hui que la prise en charge des hémopathies malignes, de même que celle des tumeurs solides, doit faire appel à des consensus nationaux et internationaux, nécessitant donc une mise à niveau tant sur le plan diagnostique que thérapeutique de tous les centres d'onco-hématologie en Algérie.

Lymphomes

1) Lymphomes non hodgkiniens de haut grade de malignité (M.A. Bekadja *et al.*, *Blood*, 1999, 94, abstract 4362).

- ♦ Étude monocentrique : 1994-1998
- ♦ 139 malades
- ♦ Âge médian : 51 ans
- ♦ Stade clinique III et IV : 63 %
- ♦ Masse tumorale > 10 cm : 26 %
- ♦ Réponse thérapeutique :
 - réponse complète : 46 %
 - réponse incomplète : 25 patients
 - échec : 33 cas

2) Maladie de Hodgkin (F. Touhami *et al.*, *Hématologie*, 2001, vol. 7, abstract 117).

- ♦ Étude monocentrique : 1998-2000
- ♦ Nombre de cas : 256
- ♦ Âge médian : 41 ans
- ♦ Stade clinique III : 19 % ; IV : 47 % (66%)
- ♦ Histologie : 7 % de formes indéterminées
- ♦ Réponse thérapeutique :
 - réponse complète : 60 %, tous stades confondus
 - réponse incomplète : 20 %
 - échec : 14 %, et 6 % perdus de vue

- durée médiane de survie globale :
 - stade I : 80 % à 10 ans
 - stade II et III : 75 % à 10 ans
 - stade IV : 50 % à 5 ans

Seuls 60 % des malades répondeurs ont été irradiés.

Leucémie lymphoïde chronique

(M.A. Bekadja *et al.*, *IVth Meeting of the International Society of Haematology*, Stockholm, Aug. 30 - Sept. 4, 1997, abstract p 188).

- ♦ Étude monocentrique : 1981-1996
- ♦ 112 malades
 - Stade A : 8 cas
 - Stade B : 51 cas
 - Stade C : 53 cas
- ♦ Réponse thérapeutique selon médiane de survie :
 - A : 8 ans
 - B : 6 ans
 - C : 4 ans.

Myélomes multiples

(M.A. Bekadja *et al.*, *Hématologie*, 2001, vol. 7, abstract 170).

- ♦ Étude multicentrique : 7 services algériens d'hématologie (Centre et Ouest)
- ♦ 1990 à 1999 (10 ans)
- ♦ 473 malades
- ♦ Âge médian : 59 ans (30 % âgés de moins de 45 ans)
- ♦ Recrutement moyen annuel : 60 nouveaux cas par an
- ♦ Stade pronostique : 395 patients stade III (84%)
- ♦ Réponse thérapeutique :
 - sous monochimiothérapie : 45 % de réponse complète et survie de 37 mois
 - sous polychimiothérapie : 64 % de réponse complète et survie de 41,5 mois

Leucémie myéloïde chronique

(M.A. Bekadja *et al.*, *Hématologie*, 2000, 6, abstract 215).

- ♦ Étude monocentrique : 1990 à 1998
- ♦ 89 malades
- ♦ Âge médian : 42 ans
- ♦ Recrutement moyen annuel : 10 cas par an
- ♦ Délai moyen entre le début de la maladie et le diagnostic : 8 mois

	1997	1998	1999	2000	2001
Lymphome non hodgkinien	70	72	77	97	117
Maladie de Hodgkin	21	24	33	36	38
Leucémies aiguës	27	31	35	36	57
Syndromes lympho-prolifératifs	12	22	28	31	35
Syndromes myélo-prolifératifs	15	16	22	23	24
Myélomes multiples	10	16	17	18	26

Tableau 1 : Nombre des nouveaux cas d'hémopathies malignes par an, de 1997 à 2001

Pathologie	Nombre de cas	Pourcentage
Pathologies malignes		72,7
Lymphome non hodgkinien	117	27,7
Maladie de Hodgkin	38	9
Leucémies aiguës	57	13,5
Syndromes lympho-prolifératifs	35	8,3
Syndromes myélo-prolifératifs	34	8
Myélomes multiples	26	6,2
Pathologies non malignes		27,3
Aplasies médullaires	8	1,9
Anémies	83	19,7
Syndrome hémorragique	15	3,6
Hémophilie	9	2,1

Tableau 2 : Nombre de nouveaux cas d'hospitalisation par an et par pathologie, en 2001

	Étude	Nombre malades	Stades avancés	Taux de réponse	Taux de survie
Lymphome non hodgkinien	94-98	139	63 %	46 %	30 mois
Maladie de Hodgkin	98-00	256	66 %	60 %	54 mois
Leucémie aiguë lymphoblastique	80-89	104	80 %	72 %	8 mois
Leucémie aiguë myéloblastique	80-89	130	75 %	51 %	18 mois
Leucémie lymphoïde chronique	81-96	112	92 %	65 %	A : 8 ans B : 6 ans C : 4 ans
Leucémie myéloïde chronique	90-98	89	8 mois	78 %	42 mois
Myélomes multiples	90-99	473	84 %	54 %	39 mois

Tableau 3

- ♦ Taux de réponse thérapeutique sous monochimiothérapie (hydroxy-urée) : 78 %
- ♦ Durée médiane de survie globale : 42 mois (3,5 ans)

Leucémies aiguës

1) Leucémies aiguës myéloblastiques

(M.A. Bekadja *et al.*, *Schweizerische Medizinische Wochenschrift*, 1991, abstract 247).

- ♦ Étude monocentrique : 1980-1989
- ♦ 130 malades
- ♦ Taux de rémission complète : 49 %
- ♦ Taux d'échec : 51 %
- ♦ Durée médiane de survie des réponses complètes globales : 18 mois

2) Leucémies aiguës lymphoblastiques

(M.A. Bekadja *et al.*, *Journal algérien de Médecine*, 1994, vol IV, 3, 134-142).

- ♦ Étude multicentrique : 1980-1989
- ♦ 104 malades
- ♦ Taux de rémission complète : 72 %
- ♦ Taux d'échec : 4 %
- ♦ Taux de décès : 24 %
- ♦ Durée médiane de survie globale : 9 mois

Le tableau 3 reprend les principales données de l'ensemble de ces études.

Problèmes posés par la prise en charge des hémopathies malignes dans les hôpitaux algériens

Les problèmes sont de trois ordres :

1) Problèmes diagnostiques

- absence d'immunophénotypage tissulaire et cellulaire ;
- absence de cytogénétique pour le diagnostic et le pronostic ;
- absence de biologie moléculaire pour le diagnostic, le pronostic et l'évaluation.

2) Problèmes de bilan d'extension et d'évaluation

- absence d'IRM, en particulier pour l'étude des masses tumorales résiduelles ;
- absence de service de médecine nucléaire au CHU d'Oran.

3) Problèmes thérapeutiques

- centres de radiothérapie insuffisants : un seul centre pour l'Ouest algérien (10 millions d'habitants) ;

- dons de sang insuffisants ;
- absence de préparation de plaquettes (PRP), pas d'appareils de cytophérèse ;
- absence de facteurs de croissance ;
- indisponibilité de certains antimétabolites réputés efficaces dans les formes réfractaires ou en rechutes (fludarabine, 2 CDA, Dédécène, asparaginase) ;
- indisponibilité des nouvelles molécules, coût excessif (interférons, anti-CD20, STI571) ;
- un seul centre de greffe de moelle osseuse à Alger et disposant de 8 lits pour une population totale de 30 millions d'habitants.

Conclusion

Ces résultats thérapeutiques insuffisants notés sont liés :

- au recrutement important de stades avancés, en rapport avec une couverture sanitaire insuffisante mais surtout une répartition géographique inégale des ressources humaines médicales ;
- à un plateau technique inefficace, valable seulement pour des soins de type primaire ou secondaire ;
- à une insuffisance des budgets alloués à l'onco-hématologie.

Il est impératif aujourd'hui d'introduire dans la démarche diagnostique des hémopathies malignes les techniques d'immunophénotypage, de cytogénétique, de biologie moléculaire, qui serviront également par ailleurs à la recherche de facteurs pronostiques et à l'évaluation post-thérapeutique.

Sur le plan du traitement, il est indispensable d'intégrer dans l'arsenal thérapeutique les nouvelles molécules incontournables afin d'améliorer les résultats et surtout les survies des patients.

Enfin, les techniques de greffes de cellules souches périphériques hématopoïétiques suscitent actuellement de grands espoirs dans l'obtention de guérisons au cours des hémopathies malignes.

En Algérie, où la population est jeune, les possibilités d'une allogreffe sont très grandes d'autant plus que la moyenne en termes de fratrie par famille est de 4,7 environ.

Tous ces éléments devraient conduire au développement d'une politique à long terme de thérapie cellulaire tant pour les hémopathies malignes que pour les tumeurs solides.

Mohamed Amine Bekadja

Faculté de médecine d'Oran - 17, rue Benbassal Mahmoud - Cité Protin - 31000 Oran - Algérie

Le virus de l'immunodéficience humaine : son rôle dans le sida et les maladies associées

Jean-Claude Chermann

Directeur de recherches URRMA R&D

Camille Haslin

Chef de projet URRMA, R&D

Résumé :

Le virus de l'immunodéficience humaine est un rétrovirus de la famille des lentivirus. Il présente une structure génomique complexe : à côté des gènes de structure classiques (gag, pol, env), il possède des gènes de régulation (tat, rev et nef) et des gènes accessoires (vif, vpr, vpu).

Ce virus est responsable du sida, par son tropisme pour le lymphocyte CD4. Il provoque les maladies associées par l'infection du macrophage (démences, pneumopathie atypique...), des diarrhées et des pertes de poids en infectant la cellule intestinale, et il contribue à la chute des globules blancs (lymphopénie), des globules rouges (anémie), des plaquettes (thrombocytopenie) par l'infection des progéniteurs médullaires. Enfin, le virus acquiert à sa surface des antigènes cellulaires et présente un épitope appelé R7V (RTPKIQV) commun à tous les virus. Des anticorps protecteurs anti-R7V ont été retrouvés seulement chez les personnes infectées par le VIH et dites non progresseurs. Ces anticorps neutralisent tous les types de virus mutés ou non, et pourront donc servir d'anticorps thérapeutiques. L'antigène R7V pourra servir d'immunogène pour un vaccin anti-VIH.

Le virus de l'immunodéficience humaine (VIH) est un rétrovirus apparenté aux lentivirus. Il présente de multiples facettes (Galéa et Chermann, 1998).

Comme tous les rétrovirus, il s'agit d'un virus à ARN qui, pour se répliquer, passe par un intermédiaire à ADN au moyen d'une enzyme, la transcriptase inverse. Il bourgeonne à la surface de la cellule pour sa sortie dans le milieu extracellulaire.

Cependant son génome viral est complexe. À côté des gènes de structure (*gag*, *pol*, *env*) communs à tous les rétrovirus, il présente des gènes de régulation (*tat*, *rev* et *nef*) et des gènes dits accessoires (*vif*, *vpr*, *vpu*).

Le gène *tat* est un gène transactivateur de régulation positive dont le produit agit à distance sur un autre gène viral ou cellulaire pour le faire s'exprimer. Le gène *rev* quant à lui assure la régulation de l'expression des messagers viraux pour la production de virions. Un troisième gène appelé *nef* intervient également dans l'infectiosité du virus mais aussi à distance sur des cellules en modifiant leur expression. Enfin, les gènes accessoires peuvent intervenir dans les phases précoces de la réplication (*vpr*, *vpu*) ou tardives comme le gène *vif*.

À chaque extrémité du génome proviral, se trouve une zone répétée (Large Terminal Repeat LTR) réceptrice de signaux, responsable de l'activation du génome viral par l'action de NFκB, de certains virus comme HTLV1 ou encore de l'action du produit du gène *tat*. Cette LTR commande la réplication du génome viral en l'accéléralant.

La particularité du VIH est d'être en perpétuelle mutation, le virus change continuellement d'un individu à l'autre et chez un même individu pendant la période d'in-

cupation. Ces mutations sont le résultat d'accidents de transcription inverse, et sont principalement localisées au niveau de l'enveloppe. Cependant, on retrouve des mutations tout au long du génome. Un traitement antiviral dirigé contre la transcriptase inverse où la protéase induit la formation de virus résistants aux produits antiviraux. Ces virus expliquent l'échec thérapeutique et contribuent à la dissémination de virus résistants.

Le virus de l'immunodéficience humaine est un rétrovirus CD4 lymphotrope et cytopathogène pour les lymphocytes CD4, aboutissant ainsi à la perte des défenses et à l'apparition de maladies opportunistes, donc du sida.

Le pouvoir cytopathogène du VIH est également complexe car il peut être direct ou indirect. Le premier provoque la mort de la cellule pendant la réplication du virus et libère ainsi un nombre élevé de particules virales. Le second consiste en la fusion entre cellule infectée où le virus bourgeonne à la surface et cellules non infectées, aboutissant à la formation de syncytiums. Nous avons cherché quels étaient les gènes responsables de l'effet cytopathogène et abouti à la conclusion qu'il s'agissait encore de phénomènes complexes assurant la combinaison de plusieurs gènes viraux. L'effet cytopathogène induit par le virus est codé par l'association des gènes *pol*, *tat* et *env* et chacun d'entre eux confère une fonction différente pour terminer par la mort de la cellule, mêlant réplication forte et pouvoir de fusion, par exemple. Il est certain que cette complexité génomique responsable de l'effet cytopathogène est un frein à la recherche de l'obtention d'un virus atténué à visée vaccinale (Hirsch *et al.*, 1992).

Le VIH est un lentivirus aux nombreuses cibles cellulaires (fig. 1). À côté du lymphocyte CD4 qu'il tue, ce qui

le rend responsable du sida, le VIH va infecter le macrophage avec comme conséquences les maladies associées au VIH, à savoir la maladie neurologique (démence) si le macrophage infecté va au cerveau, ou la pneumopathie atypique si le macrophage infecté se retrouve dans le poumon. L'infection du macrophage par le VIH est encore responsable, par sa localisation diverse, de l'infection du foie (hépatite), des polyarthrites, des cardiomyopathies... L'infection du macrophage par le VIH se fait par l'intermédiaire de la molécule CD4 et d'un corécepteur CCR₅. Une des particularités du VIH dans le macrophage est que pour se répliquer le rétrovirus n'a pas besoin de division cellulaire (Schmidtmayerova *et al.*, 1992).

Après le lymphocyte CD4 et le macrophage, le VIH peut infecter la cellule intestinale. En effet, certaines souches virales dites entérotropes vont provoquer une internalisation des microvilli des cellules intestinales aboutissant à une malabsorption, d'où les énormes pertes de poids et une hypersécrétion responsable des diarrhées «propres» dues au VIH (Fantini *et al.*, 1992).

Une des dernières cibles cellulaires est constituée par la cellule CD34. Bien qu'une faible proportion de ces cellules soient infectables et infectées par le VIH, les conséquences sont importantes, comme l'induction d'une lymphopénie, d'une anémie et/ou d'une thrombocytopénie. C'est en effet par une action à distance que les produits du gène *tat* et du gène *nef* sont responsables de l'inhibition, de la différenciation et de la maturation de la lignée rouge provoquant ainsi une anémie (Calenda et Chermann, 1992, 1995 ; Calenda *et al.*, 1994).

Là encore, il s'agit d'une grande nouveauté : une action à distance d'un virus qui, après avoir infecté une cellule, excrète des produits de gènes qui vont transactiver des gènes cellulaires (comme ceux des progéniteurs médullaires), ou encore des gènes viraux (comme ceux des papillomavirus provoquant la formation de cancers anorectaux ou cervicaux chez la femme) ou encore augmenter l'angiogenèse favorisant la formation de sarcomes de Kaposi.

Voilà un rétrovirus qui, par cette action indirecte, pourrait être classé comme un oncovirus avec un pouvoir oncogène induit à distance par transactivation.

Le VIH, un rétrovirus qui se déguise et se couvre d'antigènes cellulaires

Pour se répliquer comme tous les rétrovirus, le VIH bourgeonne à la surface de la cellule où il assure sa maturation et sa sortie. Pendant cette phase, le rétrovirus acquiert à sa surface des antigènes cellulaires. Certains de ces épitopes, présentés comme le R7V dérivé de la $\beta 2$ microglobuline, sont sur tous les virions HIV quelles que soient leurs mutations naturelles ou induites.

D'autres épitopes, comme ICAM1, permettent au virion d'infecter une autre cible cellulaire comme la cellule endothéliale. La présence d'antigènes d'origine cel-

lulaire que le virion présente de manière différente à sa surface, va permettre de combattre la variabilité du virus qui rendait le concept vaccinal classique, à savoir utiliser la glycoprotéine d'enveloppe comme support vaccinal, malheureusement impossible. Il s'agit pour nous d'utiliser, pour réaliser un vaccin, ce que le virion acquiert et présente à sa surface, comme l'épitope R7V et non une protéine d'enveloppe codée par le génome viral. Nous avons identifié ce peptide R7V immunogène et présenté sur le virion, il s'agit de 7 amino-acides RTPKIQV (Arg, Thr, Pro, Lys, ILeu, Gln, Val).

En utilisant ce peptide R7V, et en le fixant au fond d'un puits pour réaliser un ELISA, nous avons vu que la présence d'anticorps anti-R7V chez les patients infectés par le VIH signalait une protection et une non progression vers la maladie.

Nous avons relié la présence d'anticorps anti-R7V et la protection en montrant que les anticorps anti-R7V neutralisaient et immunoprécipitaient tous les types de virus VIH quelles que soient leurs mutations.

Les anticorps anti-R7V neutralisent également les virus résistants apparus lors des traitements antiviraux, d'où la possibilité d'utiliser ces anticorps comme thérapie de sauvetage pour les patients en échec virologique de traitement combinant différents antiviraux.

En effet, l'adjonction de cet épitope à des peptides conjugués et à des vecteurs bactériens ou viraux pourra conduire dans le premier cas à un vaccin thérapeutique, et dans le deuxième cas à un vaccin prophylactique en induisant une immunité humorale et des muqueuses (Galéa et Chermann, 1999).

Le devenir de l'infection par le VIH dépend de la nature du virus et de l'hôte :

1° en fonction du virus

Une personne infectée par le VIH peut voir ses défenses rapidement s'affaiblir si le virus est hautement cytopathogène pour les lymphocytes CD4. Cette personne sera définie comme progresseur.

Une personne peut être infectée par le virus et ne pas présenter d'immunodéficience selon deux possibilités :

- a) le virus est une souche à tropisme pour le macrophage strict et il n'y aura pas d'infection du lymphocyte CD4 donc pas de perte de défense ;
- b) le virus peut être atténué après la délétion du gène *nef* et le patient, malgré une charge virale élevée, restera asymptomatique. Dans les deux cas, les personnes infectées seront dites non-progressseurs (Rhodes *et al.*, 2000).

2° en fonction de l'hôte :

a) d'un point de vue génomique :

Les personnes infectées par le VIH peuvent présenter des mutations génomiques affectant soit directement les corécepteurs du virus soit les ligands de ces corécepteurs. Des mutations concernant le CCR₅, corécepteur du macrophage, ont été décrites : soit une délétion de 35 paires de bases qui le modifie, ou encore une

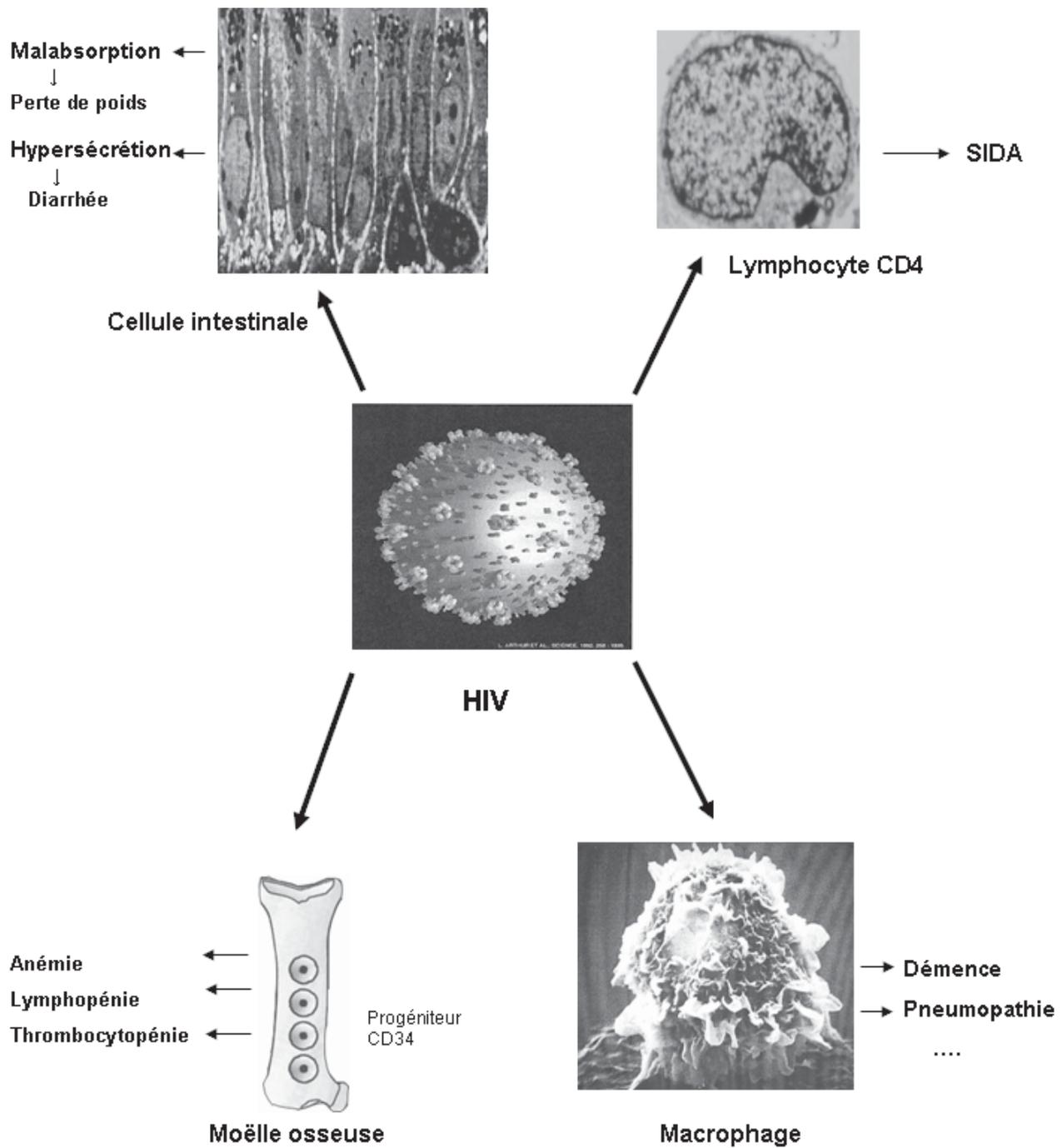


Fig. 1 : HIV et ses cibles cellulaires

mutation de la protéine CCR₂ qui diminue l'expression de CCR₅ à la surface de la cellule, affectant ainsi la fixation du virus à ce corécepteur, d'où une protection de l'infection par le virus utilisant cette voie (Martinson *et al.*, 2000). Après la mutation du corécepteur, vient la surexpression du ligand naturel du corécepteur : pour le corécepteur CXCR₄ du lymphocyte, une surproduction de son ligand SDF1, due à une altération du gène, bloque le corécepteur, donc empêche la fixation du virus et protège le lymphocyte CD4 de l'infection.

b) d'un point de vue immunologique

Une élévation des cellules CD8 cytotoxiques protège de l'infection du fait qu'elles tuent les cellules infectées par le VIH. C'est l'immunité cellulaire par comparaison à la protection par les anticorps ou protection humorale.

Bibliographie

- 1 CALEDA V., CHERMANN J.C., The effects of HIV on hematopoiesis, *Eur. J. Haematol.*, 1992, 48, 181-186.
- 2 CALEDA V., GRABER P., DELAMARTER J.F. , CHERMANN J.C., Involvement of HIV *nef* protein in abnormal hematopoiesis in AIDS: in vitro study on bone marrow progenitor cells, *Eur. J. Haematol.*, 1994, 52, 103-107.
- 3 CALEDA V., CHERMANN J.C., HIV *tat* protein potentiates in vitro granulomonocytic progenitor cells growth, *Eur. J. Haematol.*, 1995, 54, 180-185.
- 4 FANTINI J., YAHY N., BAGHDIGUIAN S., CHERMANN J.C., Human colon epithelial cells productively infected with human immunodeficiency virus (HIV) show an impaired differentiation and an altered secretion, *J. Virol.*, 1992, 66, 580-585.
- 5 GALÉA P., CHERMANN J.C., HIV as the cause of AIDS and associated diseases, *Genetica*, 1998, 104, 133-142.
- 6 GALÉA P., LE CONTEL C., COUTTON C., CHERMANN J.C., Rationale for a vaccine using cell-derived epitope presented by HIV isolates, *Vaccine*, 1999, 17, 1699-1704.
- 7 HIRSCH I., SALAUN D., BRICHACEK B., CHERMANN J.C., HIV1 cytopathogenicity – genetic difference between direct cytotoxic and fusogenic effect, *Virology*, 1992, 186, 647-654.
- 8 MARTINSON J.J., HONG L., KARANICOLAS R., MOORE J.P., KOSTRIKIS L.G., Global distribution of the CCR₂-641/CCR₅-59653T HIV-1 disease-protective haplotype, *Aids*, 2000, 14, 483-489.
- 9 RHODES D.I., ASHTON L., SOLOMON A., CARR A., COOPER D., KALDOR J., DEACON N., Characterization of three *nef*-defective human immunodeficiency virus type 1 strains associated with long-term nonprogression, *Virology*, 2000, 74, 10581-10588.
- 10 SCHMIDTMAYEROVA H., BOLMONT C., BAGHDIGUIAN S., HIRSCH I., CHERMANN J.C., Distinctive pattern of infection and replication of HIV1 strains in blood derived macrophages, *Virology*, 1992, 190, 124-133.

Jean-Claude Chermann, Camille Haslin

URRMA R&D - Centre de Vie Agora - Bâtiment C - ZI des Paluds - BP 1055 - 13781 Aubagne Cedex - France
urrma@urrma.fr

L'Université médicale virtuelle francophone (UMVF)

Gérard Soula et Marius Fieschi

LERTIM, faculté de médecine, université de la Méditerranée, Marseille, France

L'UMVF est un projet d'envergure nationale et ouvert vers la francophonie. Il a pour mission de faciliter la diffusion des connaissances et des compétences. Son but est de favoriser les usages pédagogiques des technologies de l'information et de la communication (TIC) pour la formation initiale et continue des professionnels de santé. Les enjeux du projet UMVF sont technologiques, pédagogiques, culturels et industriels.

Les objectifs du projet UMVF sont multiples :

- fédérer les énergies,
- mutualiser les moyens,
- mener des opérations d'innovations pédagogiques,
- évaluer les résultats des expérimentations,
- développer un partenariat avec les industriels,
- assurer le rayonnement de la communauté médicale francophone.

Il faut préciser que le projet UMVF – son titre pourrait prêter à confusion – n'a pas pour objectif de délivrer des diplômes, c'est du ressort des universités. À ce jour, il n'est pas prévu d'y inscrire des étudiants.

Genèse du projet UMVF

L'origine du projet UMVF se trouve dans les initiatives et les soutiens apportés par le ministère de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la Technologie (MENRT). Plusieurs équipes de recherche en informatique médicale avaient, par le passé, développé des travaux sur les usages de l'informatique pour l'enseignement. En réponse aux appels d'offres du MENRT en 1999 et 2000, ces équipes ont décidé de créer un consortium regroupant des universitaires et des industriels pour apporter des solutions aux problèmes que chaque équipe n'arrivait pas à résoudre individuellement.

Par la suite, les appels d'offres 2001 ont conduit aux créations :

- de campus numériques en médecine pour développer des contenus de qualité;
- d'une école d'e-learning pour faciliter la formation des enseignants aux usages pédagogiques des TIC.

Enfin, en 2002 ce consortium doit être reconduit et pérennisé par la création d'un groupement d'intérêt public.

Organisation du projet UMVF

Le projet UMVF se caractérise par un soutien institutionnel, une coopération académique, un partenariat industriel et une volonté d'ouverture. Le soutien institu-

tionnel vient du ministère de tutelle au travers du Réseau national des technologies pour la santé. La coopération académique est assurée par les huit universités (Grenoble, Lille, Marseille, Nancy, Paris V, Paris VI, Rennes, Rouen) qui sont à l'origine du projet. Il s'agit du noyau de départ mais l'objectif est d'intégrer progressivement toutes les facultés de médecine francophones qui le souhaitent. Les industriels sont représentés par les société Archimed, Empreinte Multimédia, France Telecom, FTPress, MédiKéo, Télémedecine Technologies, Transfaire et le CNES.

La métaphore de la maison UMVF peut être employée pour synthétiser le projet UMVF (fig. 1). Cette maison a un socle technologique sur lequel s'appuie l'ouverture à la francophonie, les campus numériques et l'école d'e-learning.

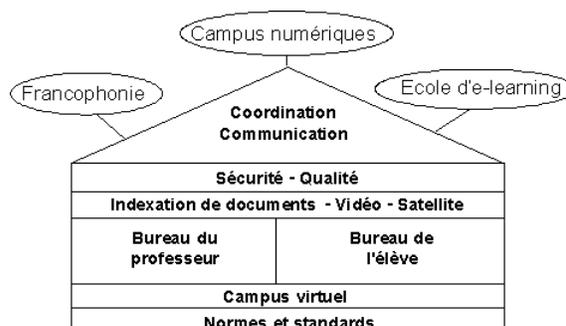


Fig. 1 : la maison UMVF

Technologie

Les travaux sur les aspects technologiques portent sur plusieurs sujets comme les normes et standards, le campus virtuel, le bureau du professeur et de l'élève, l'indexation des documents, la vidéo numérique et la diffusion par satellite.

Le projet UMVF permet d'attendre les retombées technologiques suivantes :

- accès simple et unifié au campus UMVF pour les étudiants et les enseignants. Un accès homogène doit faciliter l'accès à la connaissance ;
- mise à disposition d'un répertoire de ressources pédagogiques labélisées pour assurer la qualité de l'information sur Internet ;
- mutualisation des équipements lourds comme les liaisons à très haut débit ou l'usage du satellite et qu'une université seule ne pourrait acquérir.

Campus numériques

Les campus numériques sont issus des initiatives du ministère de l'Éducation nationale pour favoriser les regroupements à l'intérieur des différentes disciplines médicales et développer des contenus qui soient cohérents et de qualité. Aujourd'hui les campus labélisés sont ceux de microbiologie, urgences, radiologie, gynécologie-obstétrique, neurochirurgie, génétique, ORL et odontologie.

Ouverture internationale

L'ouverture internationale de l'UMVF est clairement affichée avec la volonté de collaborer avec les universités francophones. Plusieurs contacts ont été pris avec les pays suivants : Canada, Tunisie, Maroc, Sénégal, Liban, Afrique et Vietnam mais aussi avec d'autres pays comme l'Inde et l'Amérique latine. Cette ouverture internationale doit permettre de mutualiser toutes les compétences et de favoriser le rayonnement des enseignements issus de la francophonie.

Dans ce but, l'UMVF étudie et expérimente la diffusion par satellite de vidéo numérique de qualité (cours, intervention chirurgicale...). Cette solution offre les avantages d'une large couverture internationale, d'une garantie de qualité et avec des équipements de réception (parabole + télévision) peu onéreux. Pour ses expérimentations, l'UMVF bénéficie d'un canal large bande sur le satellite. À terme, l'objectif est d'aboutir à un canal satellite UMVF.

Plusieurs expériences ont d'ores et déjà été conduites dans le cadre de la francophonie.

Des enseignants des facultés de médecine de Marseille et de Sousse (Tunisie) ont collaboré pour produire des contenus en anatomie, accessibles via le serveur pédagogique de la faculté de médecine de Marseille.

La diffusion par satellite a été utilisée dans le cadre d'un diplôme universitaire de gynécologie-obstétrique mené en collaboration avec la Société tunisienne de gynécologie-obstétrique et l'université Paris V. Les 80

heures de cours ont été diffusées en direct sur satellite par le CNES.

D'autres opérations sont en cours de préparation avec les DOM-TOM.

Information et formation des acteurs

Les aspects socioculturels doivent être pris en compte pour favoriser les usages pédagogiques des TIC. L'UMVF mène plusieurs types d'actions pour faciliter l'appropriation des TIC par les enseignants :

- organisation des congrès Internet et pédagogie médicale (un par an),
- organisation de séminaires spécialisés (4 par an),
- création d'une école d'e-learning, en partenariat avec le Centre national d'enseignement à distance, pour former les enseignants titulaires et les futurs enseignants aux usages des TIC.

Aspects administratifs

Le projet UMVF évolue vers une structure de groupement d'intérêt public. Le GIP va permettre d'institutionnaliser l'UMVF, de pérenniser ses activités en lui donnant les moyens financiers nécessaires.

En résumé et pour garder la métaphore du satellite, le projet UMVF comporte un étage administratif (le GIP), un étage technologique (outils et méthodes), un étage pédagogique (école d'e-learning) et les satellites orbitaux que sont les campus numériques en médecine.

Le projet UMVF permet de confronter les technologies aux usages pédagogiques en associant les industriels qui maîtrisent les technologies avancées et les universitaires qui sont confrontés aux réalités de la pédagogie médicale.

Gérard Soula et Marius Fieschi

LERTIM - Faculté de médecine - 27, boulevard Jean Moulin - 13005 Marseille - France
gsoula@ap-hm.fr

Infodiffusion

Technologie de transmission de données «points-multipoints»

Application à la mise à niveau des connaissances médicales

Dris Bekkouche

Société Trans Tech, Alger, Algérie

Qu'est ce que l'infodiffusion ?

Le mot *infodiffusion* provient de la contraction des mots *information* et *télédiffusion*. L'infodiffusion est une technologie capable de télédiffuser l'information multimédia à travers les ondes empruntées par les signaux audiovisuels de la télévision. En Algérie, c'est l'entreprise TDA (Télédiffusion d'Algérie) qui télédiffuse les signaux audiovisuels de l'ENTV (Entreprise nationale de télévision) et diffuse les signaux radio de l'ENRS (Entreprise nationale de radios sonores) à travers des espaces nationaux et internationaux.

Pour faire le lien avec l'infodiffusion, poursuivons le cheminement des signaux de l'ENTV : une fois télédiffusés, lesdits signaux «tombent» au même moment dans les téléviseurs branchés sur cette chaîne, à travers l'ensemble du territoire national et dans une grande région entourant l'Algérie, et couvrant de grandes parties de l'Europe, de l'Afrique et du Moyen-Orient.

Il y a donc un émetteur partant d'un «point» unique, l'ENTV et une multitude de récepteurs de télévision (appelons ceux-ci récepteurs «multipoints»). Nous avons donc affaire à une émission «point-multipoints».

L'infodiffusion emprunte exactement les mêmes canaux de distribution des signaux de l'ENTV. Il y a lieu de noter cependant que n'importe quel «fournisseur d'informations» peut devenir «émetteur» (donc «point unique») au profit là aussi d'une «multitude» de récepteurs aux détails importants suivants :

- le «fournisseur d'informations» utilise un ordinateur et un modem pour faire parvenir ses informations à TDA à Alger. Schématiquement, c'est ce que fait l'ENTV vis-à-vis de TDA pour la télédiffusion des émissions de télévision ;
- les récepteurs de ses clients sont également des ordinateurs dotés au préalable d'une carte de réception de l'infodiffusion.

Ainsi la technologie de l'infodiffusion transmet-elle des données multimédia d'un ordinateur unique vers une multitude d'autres ordinateurs via les ondes de TDA. Ceci naturellement n'a rien à voir avec la technologie du «télétexte» qui transmet des données sous format «texte» du télédiffuseur vers des récepteurs de télévision et non pas vers des ordinateurs.

L'infodiffusion est quasiment la transmission «point-multipoints» de données informatiques sans emprunter

des lignes téléphoniques, sous forme de réseaux informatiques par exemple. La technologie des réseaux informatiques permet de transmettre et de recevoir des données. L'infrastructure en moyens de télécommunications nécessaires pour la couverture globale d'un pays est relativement coûteuse. Les frais d'utilisation aussi.

Dans le fonctionnement des administrations et des entreprises à couverture nationale, il y a des cas pour lesquels la transmission de données se fait à sens unique, d'un point (le siège de l'administration centrale ou de l'entreprise) vers leurs subdivisions régionales et pour lesquelles il n'est pas exigé de réponse ou pas de réponse immédiate. De plus, quand il y a réponse, celle-ci peut emprunter les chemins habituels : téléphone, fax, voie postale ou support informatique (disquette, CD-ROM).

Pour ce type de besoins, il est tout à fait possible de recourir à l'infodiffusion. En effet, cette technologie s'appuie sur les infrastructures existantes de la télédiffusion dans un pays comme l'Algérie. Elle en optimise d'ailleurs l'utilisation.

Le support technologique de l'infodiffusion

La technologie «infodiffusion» consiste à transmettre de façon simultanée depuis un émetteur à un grand nombre de récepteurs répartis sur un vaste territoire géographique des informations codées ou des données multimédia : du texte en noir et blanc, en couleur, des images et du son.

En télédiffusion, l'espace disponible dans toute émission télévisée est équivalent à 125 ko par seconde par canal de télévision. Pour donner une idée à la fois de ce débit d'informations et de la capacité de rayonnement d'un réseau de télévision, on calcule que la quasi-totalité des foyers en Algérie, pourrait recevoir le texte entier d'un quotidien algérien de 32 pages en une à deux minutes. Ceci est bien entendu théorique : cela présuppose que chaque foyer en Algérie dispose d'un ordinateur doté d'une carte de réception d'infodiffusion.

La raison de cette réception simultanée et instantanée est due au fait que ce moyen de transmission de l'infodiffusion chevauche totalement le signal de télévision. Donc là où les émissions de l'ENTV sont captées correctement, les données multimédia le seront aussi à partir d'un ordinateur muni d'une carte de réception elle-même reliée à une antenne de réception de télévision.

Comment est mis en œuvre le système «infodiffusion»

Le système «infodiffusion» comprend les principaux éléments suivants :

- le réseau de distribution du signal de télévision : c'est le réseau de TDA pour l'Algérie;
- un système d'encodage et d'insertion de données dans le signal de télévision : c'est l'encodeur-inserteur. C'est ce système qui permet d'insérer les données multimédia des fournisseurs d'informations avec les signaux de la télévision. Le système d'encodage dispose de deux entrées : la première est réservée à l'ENTV et la seconde l'est pour des données multimédia provenant d'un ordinateur assumant le rôle de «serveur». Ce serveur localisé à TDA est lui-même accessible par les fournisseurs d'informations via de simples lignes téléphoniques reliées aux modems de leurs propres ordinateurs tout à fait classiques et nullement dédiés à l'infodiffusion;
- la réception des données s'effectue par le biais d'une antenne de réception de la télévision reliée à la carte de réception insérée (comme une carte fax modem) dans un ordinateur.

Le système fonctionne sensiblement de la façon suivante : le centre serveur reçoit les données des fournisseurs de services (ce sont les sources d'information), les traite et, via l'encodeur, les insère dans une des lignes disponibles du signal de télévision pour diffusion simultanée à tous les sites de réception concernés.

Au site de réception, le signal de télévision est capté par une antenne reliée à un micro-ordinateur qui en extrait les données à l'aide de la carte de réception insérée dans le micro-ordinateur. Un logiciel de réception permet d'acheminer et d'enregistrer les données directement dans un fichier sur disque (unité de stockage) du micro-ordinateur.

Le système peut recevoir des données en tout temps tel un service de fil de nouvelles, même si le micro-ordinateur est utilisé à d'autres fins au moment même de la réception. Le système permet à un fournisseur de services de communiquer instantanément et simultanément avec tous les sites de réception sur un vaste territoire (couvert par le signal de télévision) et cela par un seul envoi ou transmission.

Les avantages de l'infodiffusion

La technologie de l'«infodiffusion» possède des avantages uniques, en particulier :

- elle réutilise une infrastructure déjà en place. C'est celle de TDA ;
- la transmission sur l'ensemble du territoire est instantanée et unique, contrairement à la diffusion de messages par fax selon une liste de distribution. Tous les sites récepteurs ont accès à l'information simultanément. Instantanéité, simultanée et économie font de ce vecteur de transmission un superfax quand il s'agit par exemple de transmettre une circulaire (quel qu'en

soit le nombre de pages) d'une administration vers plusieurs centaines ou plusieurs milliers d'institutions sous tutelle ;

- l'infrastructure informatique requise est minime. Le serveur central d'un tel système de transmission n'a qu'une seule ligne de sortie. Un micro-ordinateur équipé d'un modem suffit largement pour ce rôle. Le coût des équipements, les frais de fonctionnement restent raisonnables ;
- l'efficacité et la vraie transmission sont stimulées. L'information est livrée instantanément aux destinataires dans leurs propres micro-ordinateurs qui leur servent de boîtes à lettres. Et également d'archivage des données reçues.

Pour les usagers de l'infodiffusion la consultation est aisée : l'accès est plus rapide, le coût de l'accès est réduit, les données reçues sont structurées selon leurs besoins.

Les limitations

En dépit de tous les avantages mentionnés, et ils sont énormes pour un vecteur de transmission non utilisé, il faut en examiner les limitations. Ceci permettra de mieux cerner les applications à même de tirer le maximum de cette technologie.

- La transmission est unidirectionnelle, ce qui la rend impropre à toute communication de nature transactionnelle. Ceci veut dire qu'il n'y pas de possibilité d'emprunter la même voie de réception pour renvoyer de l'information. C'est comme le poste de télévision : celui-ci est passif, il reçoit des images et du son émis par la station de télévision mais ne produit et ne renvoie aucun signal vers aucune destination;
- L'espace disponible pour la transmission des données en même temps que les émissions télévisées est limité. Il est disponible sur tout canal existant mais n'en fabrique pas. Si la demande devient un jour supérieure à la capacité disponible sur les canaux de télévision, l'offre n'en croîtra pas pour autant.

Application de l'infodiffusion à la mise à niveau des connaissances médicales

Dans les pays développés, la mise à niveau des connaissances en général et médicales en particulier, s'effectue via Internet, dont les avantages sont indéniables.

En Algérie, Internet existe. Cependant, pour des raisons objectives, il est illusoire de penser transposer intégralement et du jour au lendemain ce qui se pratique dans une université ou dans un hôpital d'un pays développé vers les institutions d'un pays émergent. Les insuffisances palpables de l'Algérie, et du coup bloquantes pour un accès intelligent à Internet, sont matérialisées par un réseau téléphonique retardataire et un pouvoir d'achat des usagers limité.

En chiffre : une heure de connexion à Internet revient à Alger à 3 dollars canadiens. Comme la vitesse moyenne (pendant la journée) est 3 fois inférieure à celle du

Canada, le prix de revient réel pondéré est de l'ordre de 9 dollars canadiens!

Avec 19 dollars canadiens, l'accès à Internet à Montréal est... illimité ! Si l'on ajoute que le revenu par tête d'habitant est de 20 000 dollars canadiens pour un Canadien et de 2 000 dollars canadiens pour l'Algérien, on constate aisément que nous avons affaire à deux univers, bien éloignés l'un de l'autre.

En quelques mots, Internet, comme la... voiture, sont bien disponibles en Algérie. L'acquisition ou l'usage par le citoyen de l'un comme de l'autre restent l'apanage d'une frange de la société extrêmement réduite.

Ainsi, recourir à Internet pour la mise à niveau des connaissances médicales est techniquement possible en Algérie. Comme cela se limitera à quelques sites de grandes villes, le processus ne pourra pas se développer et restera un produit expérimental.

L'infodiffusion ne dispose pas des avantages d'interactivité d'Internet. Quand à la livraison de l'information, sans ligne téléphonique, dans le moindre mètre carré du pays, il n'y a pas mieux que l'infodiffusion !

Et en prime le coût du «kit de réception» de l'infodiffusion ne dépasse pas 300 euros et les frais de télédiffusion de l'information multimédia, pour une clientèle se chiffrant par milliers, sont dérisoires.

Puisque l'information peut être captée et stockée dans un ordinateur situé indifféremment dans la capitale, dans un village ou dans l'extrême sud du pays, il resterait alors à mettre en place une organisation pour recueillir l'information médicale, la structurer et l'envoyer à l'ensemble du corps médical. Il s'agit d'un travail technique certes important, mais tout à fait réalisable. En finale, nous disposerons d'un «stock d'informations» (médical) qui sera téléchargé dans les ordinateurs des professionnels de la santé.

L'organisation à mettre en place comporte une structure chargée de regrouper les questions posées par la communauté médicale. Les questions seront acheminées (via Internet notamment) vers des personnes qualifiées pour y répondre. La question et la (ou les) réponse(s) seront télédiffusées vers l'ensemble de la communauté médicale.

Ainsi, avec cette façon de faire, il sera possible d'alimenter régulièrement le corps médical en informations nombreuses et à jour.

Comment réaliser le projet

Un tel projet peut être réalisé par les moyens algériens puisque l'Algérie dispose de la technologie de l'infodiffusion, de ressources humaines appropriées et d'un «marché» (le corps médical). Juste un inconvénient

majeur : cela ira à la «vitesse de l'administration algérienne», c'est-à-dire trop lentement !

En collaboration avec les pays du Nord de la Méditerranée, les choses pourront aller beaucoup plus vite. D'abord au plan technique, le projet bénéficiera des avancées technologiques des institutions des pays développés. De plus, du contenu médical déjà disponible dans les institutions européennes sera versé dans le «stock d'informations» à constituer.

Enfin, un «coup de pouce» pourra être donné par les partenaires de la Méditerranée du Nord pour le «sponsoring» d'un certain nombre de lieux de soins disséminés dans le pays profond : villages, zones enclavées, zones désertiques, médecins de campagnes, etc.

La convergence des différentes actions, doublée d'un «marketing» approprié auprès des autorités politiques du pays (l'Algérie), permettra d'atteindre le point de non retour et d'«embarquer» l'ensemble du corps médical.

Réaliser un projet global «Pays du Nord et Pays du Sud» de la Méditerranée

Le développement précédent a été décrit, pour des raisons de commodité, pour un seul pays : l'Algérie. Impliquer dès le départ les autres pays du Maghreb (Maroc et Tunisie notamment) présente des avantages multiples sans augmentation linéaire des coûts : le «stock d'informations» sera plus riche mais ne coûtera pas trois fois plus cher ! Les frais de télédiffusion peuvent rester constants puisque un télédiffuseur (Algérie, Maroc, Tunisie) couvre l'ensemble du Maghreb ! Au pire, le «stock d'informations» sera dupliqué autant de fois que nécessaire et chaque pays le télédiffusera à son corps médical à sa guise.

Conclusion

Encore une fois, l'infodiffusion ne se substitue pas à Internet. Elle constitue un palliatif à Internet en attendant que les pays du Sud de la Méditerranée rejoignent, au plan technologique et économique, leurs collègues du Nord. Cela demandera des années et beaucoup de dépenses. En attendant, l'infodiffusion peut rendre de grands services à la communauté médicale par la constitution d'un «stock d'informations» médicales, de surcroît réutilisables lorsque Internet sera au rendez-vous.

Dris Bekkouché

Société Trans Tech - 12, boulevard Hamdine Saïd - 16035 Hydra - Alger - Algérie
bekkouché@netcourrierl.com

Conclusion

Gabriel Blancher

Président 2001 de l'Académie nationale de médecine

Nous avons eu une séance particulièrement riche et intéressante ; je remercie vivement et je félicite chaleureusement le P^r François Ruff qui a modéré cette séance et tous les conférenciers.

Nous avons entendu parler de prévention avec l'effet santé de l'alimentation méditerranéenne, que nous a présenté M^{me} le D^r Gerber, et le P^r Drancourt, dans son exposé sur les infections méditerranéennes, a bien mis en valeur l'importance de l'épidémiologie. Mais la médecine de soins n'a pas été oubliée puisque le P^r Bekadja nous a traité les problèmes posés par la prise en charge des hémopathies malignes dans les hôpitaux algériens. Enfin la recherche a été au tout premier plan : le P^r Chermann nous a fait connaître les nouvelles pistes suivies dans la lutte contre le virus de l'immunodéficience humaine ; le P^r Soula nous a fait percevoir les immenses possibilités de l'Université médicale virtuelle francophone ; M. Bekkouche enfin nous a montré ce que peuvent donner les nouvelles technologies informatiques dans la mise à niveau des connaissances médicales.

Une évidence s'impose : il faut des moyens en personnel et en matériel, et il doit y avoir entre les pays méditerranéens un échange de moyens, une coopération permanente. Mais, en ce qui concerne la recherche, les moyens ne suffisent pas, bien qu'ils soient indispensables.

Comme l'a fort bien dit le P^r Chermann, quand le VIH a été découvert, on a pensé que très rapidement on aurait un vaccin ; il n'en a rien été, malgré tous les efforts déployés. La date de toute découverte est imprévisible ; les moyens mis en oeuvre sont nécessaires mais ne sont jamais suffisants ; seule compte en définitive l'imagination créatrice.

Merci à nouveau à tous nos conférenciers, à ceux qui ont animé la discussion par leurs questions. Merci à tous.

Gabriel Blancher

Académie nationale de médecine - 16, rue Bonaparte - 75006 Paris - France